

棉花滩水库浮游生物群落结构特征研究

陈丽萍¹, 周彦锋^{1,2}, 尤 洋^{1,2}

(1. 南京农业大学 渔业学院, 江苏 无锡 214081;

2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 江苏 无锡 214081)

摘要: 为探究紫金铜矿事故后棉花滩水库浮游生物群落结构的基本情况, 保护水域生态环境, 提高水面综合利用效益, 恢复生产秩序及水域合理生态结构, 根据水库型态设置 22 采样点, 对棉花滩水库浮游生物的密度及生物量进行了监测。结果表明, 浮游植物 6 门、35 属、43 种, 密度为 $14.16 \times 10^4 \sim 131.66 \times 10^4$ 个/L, 平均密度为 42.89×10^4 个/L, 生物量为 $0.096 \sim 7.174$ mg/L, 平均生物量为 1.401 mg/L, 浮游植物生物量和密度在空间上呈现从上游至下游逐渐降低的趋势; Shannon-Wiener 多样性指数在 $0.628 \sim 2.671$, Pielou 均匀度指数为 $0.231 \sim 0.839$, 根据评价标准判断, 大都属轻度污染。浮游动物 4 门、13 种, 密度为 $36 \sim 285$ 个/L, 平均密度为 79 个/L, 生物量为 $0.154 \sim 3.110$ mg/L, 平均生物量为 1.421 mg/L; 多样性指数为 $1.300 \sim 2.441$, 均匀度指数为 $0.625 \sim 0.982$ 。棉花滩水库浮游植物为硅藻-绿藻型, 生物评价其属于中营养型; 事故发生水域浮游生物群落结构受到外界的干扰, 呈现不稳定状态。

关键词: 棉花滩水库; 多样性; 浮游生物; 群落结构

中图分类号: Q145 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2012)06-0062-07

棉花滩水库位于福建西部($116^{\circ}25' \sim 116^{\circ}38' E, 24^{\circ}27' \sim 25^{\circ}66' N$), 由汀江干流和黄潭河中下游河段组成, 是福建省的第二大水库。2003 年以来, 库区渔民充分利用水资源优势大力发展渔业生产, 水产品逐渐成为农村经济中的主导产业。2010 年库区发生“6.15”洪灾, 上游紫金铜矿发生“7.3”污水渗漏事故, 这些事故使库区网箱养殖业遭到严重损失, 也不同程度影响到水生生物栖息环境及其群落结构。生物与环境的统一是其相互作用的结果, 水环境决定了生物种群或群落结构; 反之, 生物个体或群落变化也可以客观反映出其生境的变化(赵振华等, 2009); 但一直以来棉花滩水库水生生物群落与水质状况的研究未见报道。为此, 项目组于 2010 年 9 月对棉花滩水库浮游生物的群落结构特征及空间分布特征进行了调查与分析, 旨在为“7.3”污水渗漏事故对棉花滩水库生态环境的影响提供评估依据, 同时为棉花滩水库中长期渔业规划提供参考。

1 研究方法

1.1 采样点布设及样品采集

本次调查共设置 22 个采样点(图 1); 其中, 上杭县即事故发生水域设 1~5 号共 5 个采样点, 永定县范围 6~9 号采样点濒临事故发生区, 其它入库支流设置 10~12 号共 3 个采样点, 13~22 号采样点结合棉花滩的水体面积、生态分布特点、渔业特征、水文特征和社会环境等综合因素设置在主库区。

浮游植物定量分析, 用 1 L 采水器分别在表层(水下 0.5 m)、中层和底层(离泥面 0.5 m)采集水样 3 次, 混匀取样 1 L, 现场加入 15 mL 鲁哥试剂摇匀固定, 带回实验室静置 24 h 后浓缩定容为 50 mL 镜检, 视野计数; 定性样品用 25 号即 200 目的浮游生物网采集, 在水下 0.5 m 处以 0.5 m/s 的速度画“8”字状拖拉 5 min, 带回实验室在 10×40 倍光学显微镜下观察。浮游动物中轮虫和原生动物采集方法与浮游植物相同, 桡足类与枝角类定量分析时分别在离水面 1 m、2 m、3 m 和 4 m 处各采 5 L 混匀后浓缩为 50 mL, 浮游动物用福尔马林固定镜检(林碧琴, 1988; 章宗涉和黄祥飞, 1991); 定性分析用 13 号浮游生物网采集。种类鉴定参见文献(胡鸿钧, 1979; 大连水产学院, 1983; 韩茂森和束蕴芳, 1995)。根据镜检结果换算成每 1 L 水样中浮游生物的细胞密度(个/L); 浮游生物的生物量依据体积法测定, 即浮游生物的数量乘以各自的平均体积(mg/L)。

收稿日期: 2012-09-19

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903048-03); 江苏省自然科学基金(BK2011183); 嘉兴市科技支撑计划(2010AY1009)。

通讯作者: 尤洋, 1968 年生, 男, 研究员, 硕士研究生导师。E-mail: youy@ffrc.cn

作者简介: 陈丽萍, 1988 年生, 女, 在读研究生, 主要从事水生生物研究。E-mail: chenlp0586@163.com

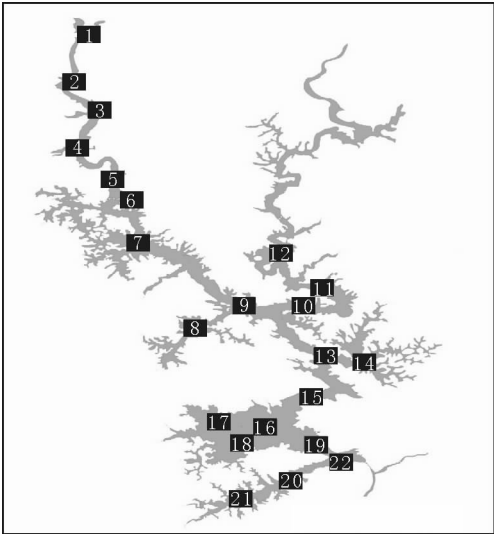


图 1 棉花滩水库采样点分布

Fig.1 A sampling distribution in Mianhuatan Reservoir

1.2 数据分析与评价指标

采用生物多样性指数 Shannon-Wiener (H) (胡鸿钧,1979)、物种均匀度指数(J) (Scholl & Szove-nyi,2011) 和 Mcnaughton 优势度指数(Pielou,1975; 徐兆礼和陈亚瞿,1989) 作为浮游生物群落结构的评价指数。文中所列数据为各采样点 3 次镜检计算

结果的平均值。

①Shannon-Wiener 指数: $H = -\sum P_i \log_2 P_i$

式中: P_i 为第 i 种的个体数与总个体数的比值; $H > 3.0$ 表示略有污染至清洁水质, $2.0 < H < 3.0$ 轻度污染, $1.0 < H < 2.0$ 中等污染, $H < 1.0$ 严重污染。

② Pielou 均匀度指数: $J = H/H_{\max}$

式中: $H_{\max}$ 为 $\log_2 S$, S 为样品中总种类数。

③以优势度(Y) 判断群落的优势种,优势度的计算公式为: $Y = (n_i/N) \times f_i$

式中: n_i 为第 i 个种的丰度, N 为样品的总丰度, f_i 为该种的站位出现频率。以优势度 $Y > 0.02$ 的标准来确定优势种类。

2 结果与分析

2.1 浮游植物群落结构特征

2.1.1 种类组成 根据此次对棉花滩水库浮游植物的调查分析,共鉴定出浮游植物 6 门、35 属、43 种;其中,绿藻门在种类组成上占绝对优势,26 种,占总种数的 60.43%;其次是硅藻门,共 7 种,占总种数的 16.28%;蓝藻门 6 种,占 13.95%;隐藻门 2 种,占 4.65%;最少的是甲藻门和裸藻门,各有 1 种,占总种数的 2.33% (表 1)。

表 1 棉花滩水库浮游植物种类组成

Tab.1 Composition of phytoplankton in the Mianhuatan Reservoir

种 类	种 类
绿藻门 Chlorophyta	卵囊藻 Oocystaceae
球衣藻 Chlamydomonas globosa	针状纤维藻 Ankistrodesmus acicularis
粘四集藻 Palmellaceae mucosa	硅藻门 Bacillariophyta
空球藻 Eudorina elegans Ehrenberg	盒形藻 Biddulphiaceae
杂球藻 Pleodorina	小头桥弯藻 Cymbella cuspidate Kutz
蛋白核小球藻 Chlorella pyrenoidosa Chick	颗粒直链藻 Melosira granulate Her
小球藻 Chlorella	梅尼小环藻 Cyclotella meneghiniana
实球藻 Pandorina morum (Muell) Bory	卵圆双眉藻 Amphora ovalis Kutz
集星藻 Actinastrum hantzschii Lag	尖针杆藻 Synedra acus Kutz
双射盘星藻 Pediastrum biradiatum Mey	瞳孔舟形藻 Navicula pupula
盘星藻 Pediastrum	蓝藻门 Cyanophyta
三角四角藻 Tetraedron trigonum	色球藻 Chroococcus
团藻 Volvox	为首螺旋藻 Spirulina princeps
四角十字藻 Crucigenia quadrata Morr	点状平裂藻 Merismopedia punctate Meyen
四尾栅藻 Scenedesmus quadricanda (Turp) Breb	针晶蓝纤维藻 Dactylococopsis rhaphidoides Hansg
斜生栅藻 Scenedesmus obliquus (Turp) Kutz	小席藻 Phormidium tenue (Menegh) Gom
短鼓藻 Cosmarium abbreviatum	小颤藻 Oscillatoria tenuis Ag
四角角星鼓藻 Staurastrum tetracerum	隐藻门 Cryptophyta
芒状角星鼓藻 Staurastrum aristiferum	卵形隐藻 Cryptomonas ovate Ehr
弯曲角星鼓藻 Staurastrum inflexum	尖尾蓝隐藻 Chroomonas acuta Uterm
蹄形藻 Kirchneriella lunaris (Kirch) Moeb	裸藻门 Euglenophyta
四球藻 Eutetramorus	尖尾裸藻 Euglena oxyuris Schmar
月牙藻 Selenastrum bibraianum Reinsch	甲藻门 Pyrrophyta
具尾四角藻 Tetraedron caudatum (Cord) Hansg	腰带光甲藻 Glenodinium cinctum
并联藻 Quadrigula	

2.1.2 密度、生物量及优势种 定量分析结果见表2。棉花滩水库浮游植物密度为 $14.16 \times 10^4 \sim 131.66 \times 10^4$ 个/L,平均密度为 42.89×10^4 个/L;生物量为 $0.096 \sim 7.174$ mg/L,平均生物量为 1.401 mg/L。浮游植物密度和生物量均呈现出从上游至下游逐渐减小的趋势(图2);其中,密度和生物量最大的是2号采样点,其浮游植物中硅藻密度和生物量达 115.76×10^4 个/L和 6.940 mg/L;密度和生物量最小的是22号采样点。

调查结果显示,棉花滩水库浮游植物中硅藻门在密度和生物量上都占有绝对优势,其密度为 455.41×10^4 个/L,占总密度的 48.26% ;生物量为 27.075 mg/L,占总生物量的 87.85% ;其次是绿藻,密度为 389.29×10^4 个/L,占总密度的 41.26% ,生物量为 1.698 mg/L,占总生物量的 5.51% 。可见水库类型为硅藻-绿藻型(薛俊增等,2011)。

浮游植物优势种依次为尖针杆藻(0.455)、短鼓藻(0.115)、四角角星鼓藻(0.062)、粘四集藻(0.039)、小球藻(0.037)、四尾栅藻(0.029)、蛋白核小球藻(0.024)、芒状角星鼓藻(0.023)。根据高

远等(2008)利用指示性浮游植物群落划分的污染等级评价棉花滩流域水质状况,蓝藻门占 70% 以上,耐污种大量出现为多污带;蓝藻门占 60% 左右,藻类较多为 α -中污带;硅藻门及绿藻门为优势类群,各占 30% 左右为 β -中污带;硅藻门为优势类群,占 60% 以上为寡污带;1号采样点为 α - β -中污带,2~7号采样点硅藻占绝对优势为寡污带,其余采样点皆为绿藻占优势,为 β -中污带(Tianyi et al, 2012)。

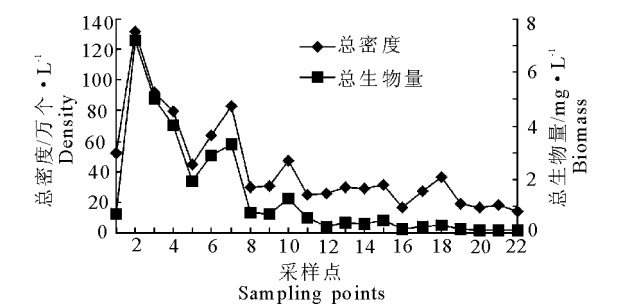


图2 棉花滩水库各采样点浮游植物密度与生物量

Fig.2 Density and biomass of phytoplankton in each sampling point of Mianhuatan Reservoir

表2 棉花滩水库浮游植物各类群的密度(万个/L)与生物量(mg/L)

Tab.2 Density and biomass of different phytoplankton in the Mianhuatan Reservoir

采样点	甲藻门		裸藻门		隐藻门		蓝藻门		硅藻门		绿藻门		总量	
	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量
1	3.78	0.151	0.44	0.066	2.47	0.041	21.40	0.012	5.68	0.297	18.34	0.153	52.11	0.719
2	3.26	0.130	0.20	0.031	2.85	0.042	1.83	0.013	115.76	6.940	7.74	0.020	131.66	7.174
3	2.62	0.105	0.15	0.022	1.02	0.015	0.29	0.000	81.08	4.861	6.99	0.020	92.14	5.022
4	1.73	0.069	0.10	0.015	0.92	0.016	1.22	0.004	64.81	3.885	10.70	0.045	79.48	4.036
5	2.14	0.086	0.20	0.031	0.82	0.012	1.12	0.005	29.35	1.758	10.70	0.046	44.33	1.937
6	2.33	0.093	0.15	0.022	0.87	0.015	1.74	0.009	44.98	2.695	13.98	0.047	64.05	2.881
7	2.33	0.093	0.15	0.022	0.87	0.015	1.46	0.005	50.80	3.044	27.37	0.118	82.98	3.296
8	1.73	0.069	0.15	0.022	1.22	0.021	0.51	0.001	9.37	0.562	16.71	0.060	29.70	0.736
9	1.73	0.069	0.15	0.022	1.12	0.020	0.82	0.003	9.37	0.562	17.53	0.037	30.72	0.714
10	1.73	0.069	0.15	0.022	0.87	0.015	1.02	0.002	18.78	1.109	24.46	0.067	47.01	1.285
11	0.82	0.033	0.15	0.022	0.58	0.009	1.02	0.000	7.57	0.450	14.41	0.042	24.54	0.557
12	0.71	0.029	0.15	0.022	0.15	0.003	0.29	-	2.47	0.091	21.84	0.099	25.61	0.243
13	0.61	0.025	0.15	0.022	0.31	0.006	0.71	0.002	3.67	0.220	24.76	0.105	30.20	0.379
14	0.82	0.033	-	-	1.02	0.017	1.63	0.003	2.65	0.159	22.83	0.130	28.94	0.341
15	0.71	0.029	-	-	2.24	0.041	1.83	0.006	4.89	0.267	21.60	0.119	31.28	0.462
16	0.61	0.025	-	-	0.31	0.006	0.71	0.000	0.41	0.012	14.78	0.076	16.81	0.119
17	0.82	0.033	-	-	0.71	0.012	1.12	0.001	0.92	0.055	23.44	0.117	27.00	0.218
18	0.71	0.029	-	-	0.61	0.012	2.85	0.003	0.82	0.049	31.08	0.168	36.07	0.261
19	0.61	0.025	-	-	0.51	0.010	0.51	0.000	0.71	0.023	17.12	0.080	19.46	0.138
20	0.82	0.033	-	-	0.61	0.012	0.61	0.001	0.61	0.018	14.27	0.044	16.92	0.109
21	0.71	0.029	-	-	0.41	0.008	0.61	0.002	0.20	0.012	16.51	0.045	18.44	0.096
22	0.61	0.025	-	-	0.20	0.004	0.71	0.002	0.51	0.006	12.13	0.060	14.16	0.096
总和	31.94	1.282	2.29	0.341	20.69	0.352	44.01	0.074	455.41	27.075	389.29	1.698	943.61	30.819

2.1.3 多样性及均匀度指数 从浮游植物多样性和均匀度指数分析结果(图 3)可以看出,棉花滩水库的 Shannon-Wiener 指数的范围是 0.628 ~ 2.671,平均值为 2.028;其中,事故发生水域上杭县的 5 个

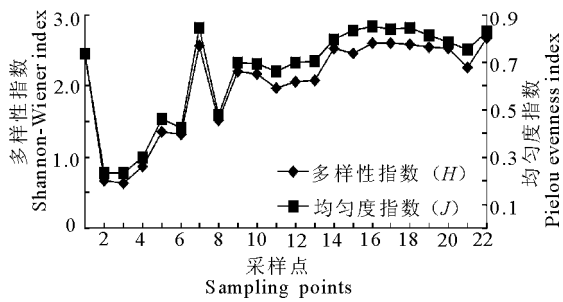


图 3 棉花滩水库各采样点浮游植物生物多样性指数与均匀度指数

Fig.3 Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness index of phytoplankton in respective sampling spot of the Mianhuatan Reservoir

采样点中,1 号采样点浮游植物 Shannon-Wiener 指数为 2.455,显示该样点水质为轻度污染;5 号采样点为 1.351,显示其水质为中等污染,其他 3 点为 0.667、0.628、0.875,表明水质为重污染。永定县境内水域浮游植物物种多样性指数在 1.327 ~ 2.671,平均值 2.393,轻度污染出现频率为 82.35%。

水库的均匀度指数范围为 0.231 ~ 0.839,平均值为 0.659;其中上杭县水域 1 号采样点的浮游植物均匀度指数较大,为 0.737,其他 4 点较小,依次为 0.231、0.232、0.297、0.459;永定县在 0.423 ~ 0.839,平均值 0.777。

2.2 浮游动物群落结构特征

2.2.1 种类组成 调查共发现浮游动物 4 门、13 种;其中,枝角类 2 种,占 15.38%;桡足类和原生动物各 3 种,分别占 23.08%;轮虫最多,有 5 种,占 38.46%(表 3)。

表 3 花滩水库的浮游动物种类组成

Tab.3 Composition of zooplankton in the Mianhuatan Reservoir

种 类	种 类
枝角类 Cladocera	砂壳虫 Difflugia
长额象鼻溞 Bosmina longirostris	俏裸口虫 Holophrya graicilis
筒弧象鼻溞 Bosmina coregoni	轮虫 Rotifera
桡足类 Copepoda	萼花臂尾轮虫 Brachionus calyciflorus
无节幼体 Nauplius larva	裂足臂尾轮虫 Brachionus diversicornis
汤匙华哲水蚤 Sinocalanus dorrii	暗小异尾轮虫 Trichocera pusilla
英勇剑水蚤 Cyclops strenuus	小多肢轮虫 P. minor
原生动物 Protozoa	前节晶囊轮虫 Asplanchna priodonta
太阳虫 Heliozoan	

2.2.2 密度、生物量及优势种 对调查河段水样进行定量分析(图 4;表 4),结果表明,棉花滩水库各采样点的浮游动物种类比较少,且数量不多,浮游动物密度为 36 ~ 285 个/L,平均密度为个 79 个/L。生物量为 0.154 ~ 3.110 mg/L,平均生物量为 1.421 mg/L。浮游动物的密度和生物量大体呈现从上杭到永定逐渐下降的趋势,但生物量的波动性较大;其中,密度最大的是 1 号点,最小的是 15 号点,生物量最大的是 11 号采样点,最小的是 1 号点。根据优势度不同分析优势种,包括小多肢轮虫(0.318)、俏裸口虫(0.117)、暗小异尾轮虫(0.117)、无节幼体(0.068)、萼花臂尾轮虫(0.054)、裂足臂尾轮虫(0.051)、英勇剑水蚤(0.040)、汤匙华哲水蚤(0.039)、前节晶囊轮虫(0.032)、太阳虫(0.026)、筒弧象鼻溞(0.024)。

2.2.3 多样性和均匀度指数 棉花滩水库浮游动物群落特征见图 5。结果表明,浮游动物群落 Shannon-Wiener 指数在 1.300 ~ 2.441,平均值为 2.143;

其中,上杭县水域的 5 个采样点为 1.300 ~ 1.965,永定县境内水域的多样性指数在 1.979 ~ 2.441。均匀度指数在 0.625 ~ 0.982,平均值为 0.905;其中,上杭县水域 0.625 ~ 0.819,永定县在 0.857 ~ 0.982。

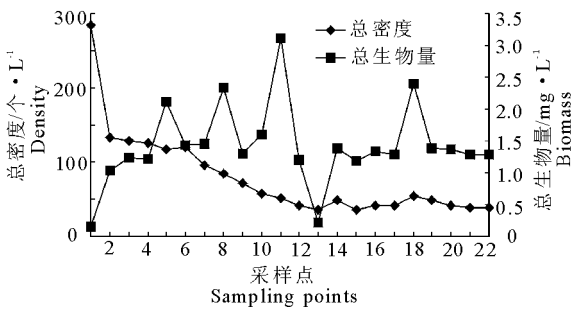


图 4 棉花滩水库各采样点浮游动物密度与生物量
Fig.4 Density and biomass of zooplankton in each sampling point of Mianhuatan Reservoir

表4 花滩水库浮游动物各类群的密度与生物量

Tab.4 Density and biomass of different zooplankton in the Mianhuatan Reservoir

采样点	枝角类		桡足类		原生动物		轮虫		总量	
	密度/ 个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹	密度/ 个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹	密度/ 个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹	密度/ 个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹	密度/ 个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹
1	—	—	—	—	64	0.019	221	0.135	285	0.154
2	—	—	6	0.945	40	0.012	87	0.071	133	1.028
3	—	—	12	1.044	27	0.008	90	0.180	129	1.232
4	—	—	9	1.035	27	0.008	90	0.180	126	1.223
5	—	—	15	1.980	27	0.008	75	0.126	117	2.114
6	6	0.180	18	1.062	24	0.007	72	0.178	120	1.427
7	3	0.090	21	1.314	18	0.005	54	0.033	96	1.443
8	6	0.180	15	2.061	15	0.005	48	0.081	84	2.326
9	6	0.180	12	1.044	15	0.005	39	0.072	72	1.301
10	9	0.270	21	1.314	9	0.003	18	0.011	57	1.598
11	6	0.180	18	2.916	9	0.003	18	0.011	51	3.110
12	3	0.090	12	1.044	6	0.002	21	0.062	42	1.197
13	3	0.090	9	0.108	9	0.003	15	0.009	36	0.210
14	9	0.270	12	1.044	9	0.003	18	0.061	48	1.377
15	3	0.090	12	1.044	6	0.002	15	0.053	36	1.189
16	9	0.270	12	1.044	6	0.002	15	0.010	42	1.326
17	6	0.180	12	1.044	6	0.002	18	0.061	42	1.286
18	9	0.270	18	2.070	3	0.001	24	0.061	54	2.402
19	12	0.360	9	0.945	3	0.001	24	0.061	48	1.376
20	9	0.270	12	1.044	—	—	21	0.061	42	1.375
21	6	0.180	12	1.044	—	—	21	0.061	39	1.285
22	6	0.180	12	1.044	—	—	21	0.061	39	1.285
总和	111	3.33	279	26.19	323	0.099	1025	1.639	1738	31.264

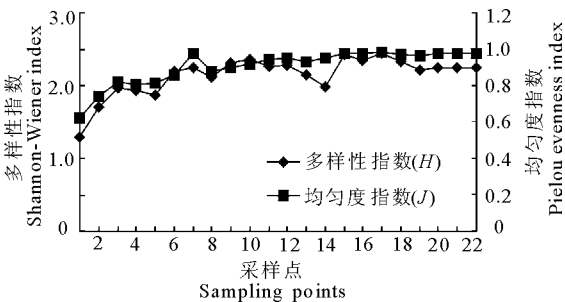


图5 棉花滩水库各采样点浮游动物生物多样性指数与均匀度指数

Fig.5 Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness index of zooplankton in respective sampling spot of the Mianhuatan Reservoir

3 讨论

据2010年环境保护厅数据显示,汀江达到国家地表水环境Ⅲ类水标准,棉花滩水库正是汀江和黄潭河的主要汇水区域,受上游来水和地表径流的影响,库区水体为Ⅲ类水。经紫金矿业事故后,政府采取一系列急救措施,水体基本恢复期前水平,本次调查仅表明棉花滩水库事故发生后1个月内浮游生物群落结构特征,为了更准确地评价事故对水库生态环境的影响,需要长期的调查,同时还需结合水质理

化指标才能更全面地说明水体真实情况。

3.1 浮游植物的生物指数

研究结果表明,棉花滩水库浮游植物含量较丰富,硅藻和绿藻在密度和生物量上都占有绝对优势,水体为硅藻-绿藻型,浮游生物生物量及密度自上而下呈下降趋势,特别是进入下游永定县区域下降更加明显。造成该趋势的原因,一方面是铜废水泄露事故特别是大量酸性物质进入水库,造成水质pH偏酸性、铜浓度升高的现象,pH值范围在4.34~6.33,已超过国家地表水Ⅲ类水质标准限值,铜浓度也明显超出正常水平,pH和铜浓度的超标对事故发生地及其下游水域浮游生物群落产生毒理作用,造成浮游生物骤减;另一方面棉花滩水库有相当数量网箱养殖,鲢和鳙是主要养殖品种,事故发生后,政府组织渔民将网箱内养殖的鲢、鳙放流,而鲢、鳙为滤食性鱼类,以浮游生物为食,大量鲢、鳙进入水体后滤食部分浮游生物。有学者认为水体浮游植物密度小于 30×10^4 个/L时水体为贫营养, $30 \times 10^4 \sim 100 \times 10^4$ 个/L为中营养,大于 100×10^4 个/L为富营养(李军等,2006),监测结果表明棉花滩水域属于中营养范围;并且采样点的优势种多以尖针杆藻、短鼓藻和四角角星鼓藻为主,而刘智峰等(2011)认

为尖针杆藻及鼓藻属都属于中营养型指示藻类,说明棉花滩水质属于中营养型,这与利用浮游植物密度评价水质类型的结果一致。但由于生物监测更多的是一种定性描述,难以进行定量分析(孟顺龙等, 2010),同时关于优势种对于水质类型的指示结果目前尚未完全统一,因此,生物监测应与理化监测相结合,以提高监测结果的准确性和可靠性。

均匀度是实际多样性指数与理论上最大多样性指数的比值,是一个相对值,其数值范围在 0~1 之间,用它来评价浮游植物的多样性更为直观、清晰,能够反映出各物种个体数目分配的均匀程度。通常以均匀度大于 0.3 作为浮游植物多样性较好的标准进行综合评价(孙军等, 2004)。一般而言,较为稳定的群落具有较高的多样性和均匀度;而调查结果显示,紫金铜矿的“7.3”污水渗漏事故发生地 5 个采样点浮游生物均匀度均小于 0.3,造成此现象的原因可能是事故污染物酸性物质和大剂量铜的排入,同时事故发生后水库未对下游进行泄洪处理,造成污染物长时间的滞留。优势种的种类数越多且优势度越小,则群落结构越复杂、稳定(柳丽华等, 2007);调查结果表明,事故发生水域浮游植物优势种类相对单一,优势度较大。依据浮游生物多样性指数和优势种指标,事故发生水域浮游生物群落结构受到外界干扰,呈现群落结构不稳定现象。

3.2 浮游动物的生物指数

浮游动物生物量最大值与数量最大值的出现地点并不一致,这主要是由于各个监测地点的浮游动物细胞数量和生物量中占主导地位的种类组成存在差异所致;因为生物量的高低除与细胞数量有关外,还与细胞个体质量密切相关,相对于 5、8、11 和 18 号采样点而言,监测中出现的大型种类比较多,如汤匙华哲水蚤、前节晶囊轮虫等。浮游动物的密度呈减小的趋势,而多样性指数和均匀度都是呈上升的趋势,这与浮游植物密度和生物量出现由上而下递减的现象是同种原因造成的。由于种类组成较为单一,以轮虫和桡足类为主,不适宜用浮游动物多样性和均匀度来评价水质(张军燕等, 2011)。但采样点出现的一些优势浮游动物群落也大多是很好的饵料,有利于渔业养殖。

本研究初步揭示了紫金矿业事故后棉花滩水库浮游生物群落结构状况,并得出棉花滩水库为中营养型水库这样的结论,为下一步水库环境资源保护及治理提供了参考;但本研究只能表明棉花滩水库某一时期的浮游生物群落结构特征,而对于棉花滩

水库全年浮游生物群落结构特征及水质状况,还有待于进一步的调查研究。

参考文献

- 大连水产学院. 1983. 淡水生物学[M]. 北京:农业出版社: 5-83.
- 高远, 苏宇祥, 亓树财. 2008. 沂河流域浮游植物与水质评价[J]. 湖泊科学, 20(4): 544-548.
- 韩茂森, 束蕴芳. 1995. 中国淡水生物图谱[M]. 北京:海洋出版社.
- 胡鸿钧. 1979. 中国淡水藻类[M]. 上海:上海科技出版社.
- 李军, 刘丛强, 肖化云, 等. 2006. 太湖北部夏季浮游藻类多样性与水质评价[J]. 生态环境, 15(3): 453-456.
- 林碧琴. 1988. 水生藻类与水体污染监测[M]. 沈阳:辽宁大学出版社.
- 刘智峰, 郑立柱, 李鹏. 2011. 汉江汉中段浮游植物群落结构与水质评价[J]. 广东农业科学, (3): 151-153.
- 柳丽华, 左涛, 陈瑞盛, 等. 2007. 2004年秋季长江口海域浮游植物的群落结构和多样性[J]. 海洋水产研究, 28(3): 112-119.
- 孟顺龙, 陈家长, 胡庚东, 等. 2010. 太湖蠡湖浮游植物群落特征及其对水质的评价[J]. 长江流域资源与环境, 19(1): 30-36.
- 孙军, 刘东艳, 白洁, 等. 2004. 2001年冬季渤海的浮游植物群落结构特征[J]. 中国海洋大学学报, 34(3): 403-422.
- 徐兆礼, 陈亚瞿. 1989. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲶渔场的关系[J]. 生态学杂志, 8(4): 13-15.
- 薛俊增, 方伟, 蔡桢等. 2011. 乌伦古河流域克孜赛水库浮游植物群落组成[J]. 生物学杂志, 28(1): 62-65.
- 张军燕, 张建军, 沈红保. 2011. 泾河宁夏段夏季浮游生物群落结构特征[J]. 水生态学杂志, 32(6): 72-77.
- 章宗涉, 黄祥飞. 1991. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京:科学出版社.
- 赵振华, 阮晓红, 邢雅囡, 等. 2009. 城市重污染河道水质及底栖附泥藻类生态特征[J]. 环境科学, 30(12): 3579-3584.
- Pielou E C. 1975. Ecological Diversity[M]. New York: John Wiley.
- Scholl K, Szovenyi G. 2011. Planktonic rotifer assemblages of the Danube River at Budapest after the red sludge pollution in Hungary[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 87(2): 124-128.
- Tianyi FENG, Chao SONG, Jiazhang CHEN. 2012. Indication Function of Aquatic Algae for Environment[J]. Agricultural Science & Technology, 13(5): 1060-1066.

Characteristics of Community Structure of Plankton in Mianhuatan Reservoir

CHEN Li-ping¹, ZHOU Yan-feng^{1,2}, YOU Yang^{1,2}

(1. Fishery College, Nanjing Agriculture University, Wuxi 214081, P. R. China;

2. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment of the Lower Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, P. R. China)

Abstract: Aims of this study were to explore plankton community structure in Mianhuatan Reservoir after Zijin copper accident and to provide a reference for protecting ecological environment, improving the utilization efficiency of the water, and recovering the production order and the reasonable ecological structure in the waters. 22 sampling points were set according to the water body environment and the situation of pollution. The density and biomass of plankton in Mianhuatan Reservoir were estimated. Results indicated that: 6 phyla, 35 genus and 43 species of phytoplankton were observed; densities and biomasses of phytoplankton were respectively $14.16 \times 10^4 - 131.66 \times 10^4$ ind./L and 0.096 – 7.174 mg/L; the mean density and mean biomass were respectively 42.89×10^4 ind./L and 1.401 mg/L; the biomass and density of phytoplankton presented a trend of gradual decline from top to bottom. The diversity index fluctuated from 0.628 to 2.671, and the evenness index was in the range of 0.231 – 0.839. The Mianhuatan Reservoir mostly were in mild contamination, according to the evaluation standard; there were 4 phyla, 13 kinds of zooplankton in the waters with densities 36 – 285 ind./L, the mean density 79 ind./L, biomasses 0.154 – 3.110mg/L, and the mean biomass 1.421 mg/L; the diversity index and evenness index were respectively 1.300 – 2.441 and 0.625 – 0.982. The diversity indices of phytoplankton and some other data showed that Mianhuatan Reservoir was a middle nutrition reservoir and the plankton community structures of a part of this reservoir were unstable and susceptible to the outside interference.

Key words: Mianhuatan Reservoir; diversity indices; plankton; community structure