

# 香溪河小水电的梯级开发对浮游藻类的影响\*

吴乃成<sup>1,2</sup> 唐涛<sup>1</sup> 周淑婵<sup>1,2</sup> 傅小城<sup>1,2</sup> 蒋万祥<sup>1,2</sup> 李凤清<sup>1,2</sup> 蔡庆华<sup>1\*\*</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072; <sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要** 以香溪河干流上5个连续的小水电站为对象,于2005年10月20—22日分别对其浮游藻类和主要理化指标进行研究.结果表明:硅藻占绝对优势(95.54%),其中,线性曲壳藻(*Achnanthes linearis*)、披针曲壳藻椭圆变种(*A. lanceolata* var. *elliptica*)、扁圆卵形藻(*Cocconeis placentula*)为绝对优势种,其平均相对丰富度分别为23.96%、18.62%和12.48%;所有样点的平均藻类密度为 $6.29 \times 10^5$  ind·L<sup>-1</sup>,最高为 $1.81 \times 10^6$  ind·L<sup>-1</sup>,最低为 $2.35 \times 10^5$  ind·L<sup>-1</sup>.方差分析表明,流速变化是小水电站开发影响河流中浮游藻类的主要原因.电站取水坝的建立,使其下游生境(生境3)与其它4个生境显著不同,导致多个参数出现骤变,包括Margalef多样性指数、物种丰富度、属的丰富度、硅藻组成、硅藻百分含量等均受到显著影响.

**关键词** 浮游藻类 小水电站 香溪河

**文章编号** 1001-9332(2007)05-1091-06 **中图分类号** Q178.51 **文献标识码** A

**Influence of cascaded exploitation of small hydropower on phytoplankton in Xiangxi River.**

WU Nai-cheng<sup>1,2</sup>, TANG Tao<sup>1</sup>, ZHOU Shu-chan<sup>1,2</sup>, FU Xiao-cheng<sup>1,2</sup>, JIANG Wan-xiang<sup>1,2</sup>, LI Feng-qing<sup>1,2</sup>, CAI Qing-hua<sup>1</sup> (<sup>1</sup> State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China, <sup>2</sup> Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2007, 18(5): 1091-1096.

**Abstract:** With the five small hydropowers (SHPs) from up- to downstream of Xiangxi River as test objects, this paper studied the influence of SHPs cascaded exploitation on the phytoplankton in the river. The results showed that phytoplankton assemblages were dominated by diatoms, occupying 95.54% of the total number of species. *Achnanthes linearis*, *A. lanceolata* var. *elliptica* and *Cocconeis placentula* were the most abundant species, with the relative abundance being 23.96%, 18.62% and 12.48%, respectively. The average algal density at 25 sampling sites was  $6.29 \times 10^5$  ind·L<sup>-1</sup>, with the maximum of  $1.81 \times 10^6$  ind·L<sup>-1</sup> and the minimum of  $2.35 \times 10^5$  ind·L<sup>-1</sup>. Two-way ANOVA indicated that water flow velocity was the main factor affecting the phytoplankton. The establishment of the cascaded SHPs on the river made the habitat of lower reach has a significant difference with the others, resulting in a dramatic change of many parameters including Margalef diversity index, species richness, generic richness, taxonomic composition, and the percentage of diatoms.

**Key words:** phytoplankton; small hydropowers (SHPs); Xiangxi River.

## 1 引言

香溪河是长江三峡水库湖北省内最大且靠近三峡大坝坝首的支流.因其丰富的水能资源,自20世纪60年代以来,仅在干流上修建的小型水电站就有近20个<sup>[15]</sup>,特别是在自然落差较大的中上游段,小

水电站的梯级开发极为严重,甚至造成某些河段的周期性断流.有关香溪河流域的鱼类资源、河岸带植物群落和水土流失的地理环境、水质空间分布等已有报道<sup>[1,4-5,21]</sup>,但有关浮游植物的资料相对较少.浮游藻类是水体中较敏感的指示生物,能较好地反映其生态条件和营养状态<sup>[2]</sup>.本研究在香溪河干流中上游段选取5个连续的小水电站,对浮游藻类群落结构及小水电站的梯级开发对它们的影响进行研究,旨在为合理的水电开发和管理提供基础数据和科学依据.

\* 国家自然科学基金重点项目(30330140)、国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412300)和中国科学院知识创新工程重要方向资助项目(KSCX2-SW-111).

\*\* 通讯作者, E-mail: qhcai@ihb.ac.cn  
2006-04-03 收稿, 2007-02-06 接受.

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 自然概况

香溪河发源于神农架林区,干流全长 94 km,流域面积 3 099 km<sup>2</sup>[17-18,23]。水能资源丰富,自然落差达 1 540 m,年产水量 1.96 × 10<sup>10</sup> m<sup>3</sup>[17],流域内水电站的梯级开发比较严重,尤其是中上游段,水电站的梯级开发使其生态环境受到严重威胁。

### 2.2 样点设置

分别在 5 个电站(从上游至下游依次为小当阳电站, XDY; 青峰电站, QF; 三堆河电站, SDH; 苍坪河电站, CPH; 猴子垭电站, HZB)的取水口上游(约 1 km)、取水口处、取水口下的水塘内、出水口上游(约 1 km)和出水口 5 处进行采样(图 1),样点名称分别为:1、2、3、4 和 5。例如,小当阳电站的 1 号样点记做 XDY<sub>1</sub>,依次类推。以下分析中,将 5 个电站作为重复,所有的样点 1—5 分别汇集到一起,组成 5 种生境,分别为生境 1—5。

### 2.3 采样、鉴定及主要理化因子的测定

于每个样点取 5 L 表层水样现场用鲁哥氏液固定,带回实验室经 48 h 沉淀后浓缩至 30 ml 加 4% 的福尔马林溶液保存。浮游藻类的分类鉴定参照文献[3,19,22,24]鉴定到最低分类单元(多数到种);同时取 1.2 L 水样用于浮游藻类叶绿素 *a* (Chl *a*) 的抽滤和测定。

以 HORIBA 多参数水质分析仪对 pH、溶解氧(DO)、电导率(COND)、盐度(SAL)、总溶解固体(TDS)、浊度(TURB)、氯离子(Cl<sup>-</sup>)、钙离子(Ca<sup>2+</sup>)进行现场测定;坐标、海拔用 GPS 现场测量;用 LJD 型打印式流速流量仪测定样点流速,卷尺测定样点河段的水面宽度和平均水深。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同生境的主要理化指标

由表 1 可以看出,从生境 1—5, Cl<sup>-</sup> 含量逐渐降低,而 Ca<sup>2+</sup> 离子含量呈增高趋势, pH、电导率、浊度、总溶解性固体没有明显变化,这些因素主要反映了该地区的地质特征[13,16],受小水电站的开发影响不大。双因素方差分析表明,流速在电站间和 5 种生境间差异均显著( $P < 0.05$ ),而平均水深在 5 种生境间差异显著( $P < 0.05$ )。Leland 等[7]认为,因有机物质的沉积,水深是影响河流中浮游藻类群落空间分布的主要水文特征。由于本试验所采水样均来自表层,与水深无关(Perason 相关分析也显示藻类总密度与水深关系不显著,  $P > 0.05$ ),所以与 Parasiewicz 等[11]的结论一致,即流速变化是小水电站开发影响河流生态系统的主要原因。

### 3.2 浮游藻类群落多样性及优势种

本研究共观察到浮游藻类 159 种(包括变种),分属硅藻、绿藻、蓝藻、甲藻、隐藻、裸藻和黄藻 7 个门。与况琪军等[6]的研究相比,由于区域和时间的不同(况琪军等的研究区域是香溪河的下游,后来因三峡大坝的修建变成库湾),藻类组成和密度均有所差异,而与 Millie 等[8]的研究相似,硅藻门占绝对优势(95.54%)。其中,线性曲壳藻(*Achnanthes linearis*)、披针曲壳藻椭圆变种(*A. lanceolata* var. *elliptica*)、扁圆卵形藻(*Cocconeis placentula*)为绝对优势种,其平均相对丰富度分别为 23.96%、18.62% 和 12.48%。25 个样点的平均藻类密度为 6.29 × 10<sup>5</sup> ind · L<sup>-1</sup>,最大密度出现在 XDY<sub>3</sub>(1.81 × 10<sup>6</sup> ind · L<sup>-1</sup>),最低在 SDH<sub>1</sub>(2.35 × 10<sup>5</sup> ind · L<sup>-1</sup>)。

表 1 不同生境的主要理化指标

Tab. 1 Variety of main physicochemical variables from different habitats

项目 Item	生境 Habitat				
	1	2	3	4	5
pH	7.49 ± 0.28ab	7.56 ± 0.26ab	7.53 ± 0.16ab	7.43 ± 0.07a	7.72 ± 0.14b
电导率 COND (ms · m <sup>-1</sup> )	18.68 ± 1.52a	18.70 ± 1.32a	19.50 ± 1.50a	20.44 ± 2.50a	19.76 ± 1.67a
浊度 TURB (NTU)	44.88 ± 9.95a	48.02 ± 2.80a	42.84 ± 4.68a	39.82 ± 8.07a	39.24 ± 6.86a
溶解氧 DO (mg · L <sup>-1</sup> )	10.07 ± 0.44a	9.98 ± 0.39a	9.37 ± 0.64bc	9.66 ± 0.23ab	9.73 ± 0.43ab
总溶解固体 TDS (g · L <sup>-1</sup> )	0.12 ± 0.01a	0.12 ± 0.01a	0.13 ± 0.01a	0.13 ± 0.02a	0.13 ± 0.01a
氯离子 Cl <sup>-</sup> (mg · L <sup>-1</sup> )	8.26 ± 2.96a	7.64 ± 2.09a	7.46 ± 2.16a	7.11 ± 1.44a	6.31 ± 0.62a
钙离子 Ca <sup>2+</sup> (mg · L <sup>-1</sup> )	2.89 ± 0.12a	2.84 ± 0.13a	2.85 ± 0.16a	2.88 ± 0.12a	2.94 ± 0.10a
流速 Velocity (m · s <sup>-1</sup> )	0.62 ± 0.25a	0.16 ± 0.19ab	0.00 ± 0.00bc	0.64 ± 0.30a	0.31 ± 0.36ab
河宽 Width (m)	20.34 ± 5.06ab	17.81 ± 11.48ab	23.43 ± 5.13b	12.22 ± 8.15a	12.50 ± 5.25a
水深 Depth (m)	0.43 ± 0.17a	0.58 ± 0.17ac	0.79 ± 0.09bc	0.41 ± 0.11a	0.75 ± 0.30bc

不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ ) Values with different letters meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

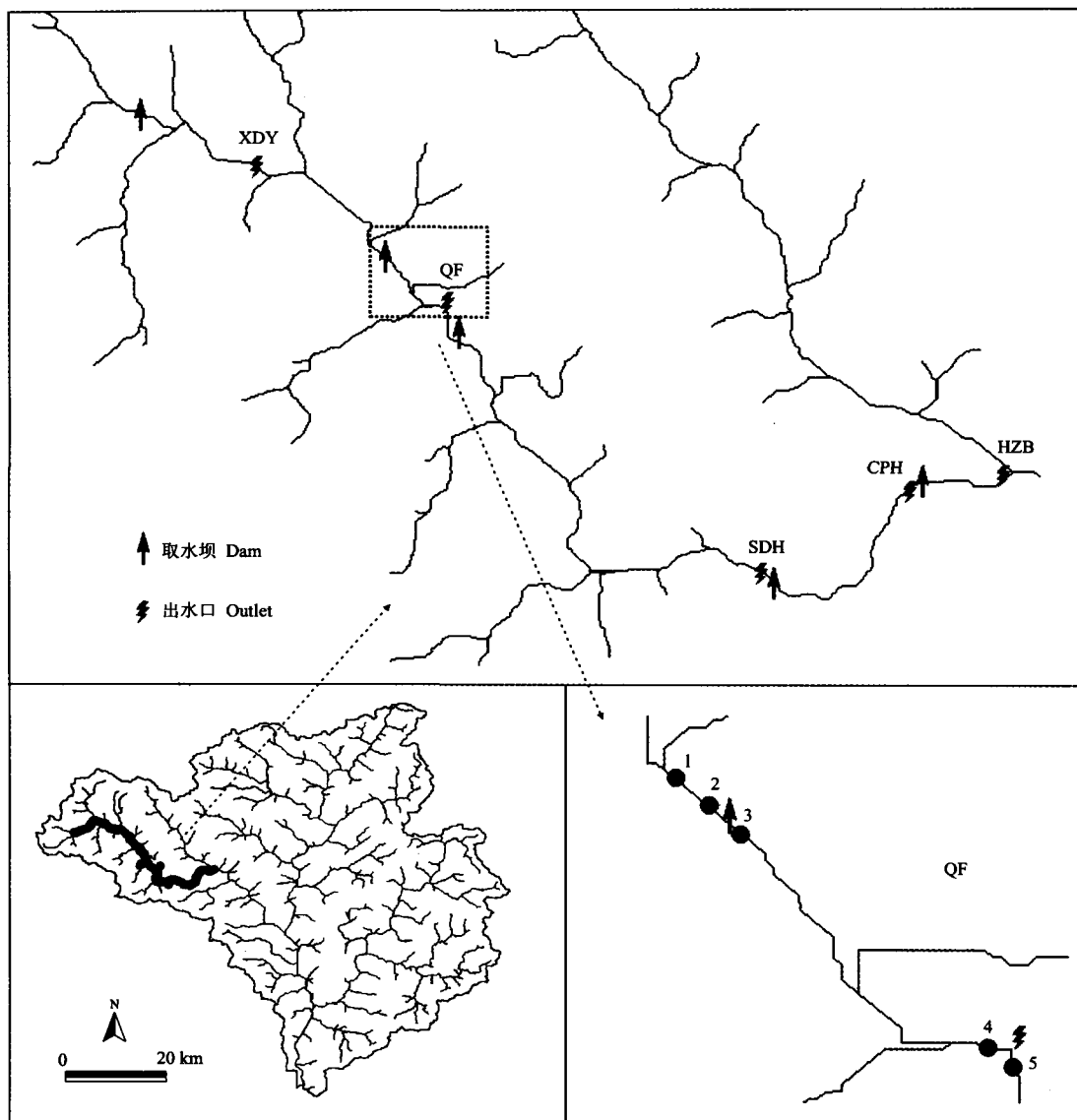


图1 小水电站及样点分布图

Fig.1 Sketch map of small hydropower stations and sampling sites.

XDY: 小当阳电站 Xiaodangyang Station; QF: 青峰电站 Qingfeng Station; SDH: 三堆河电站 Sanduihe Station; CPH: 苍坪河电站 Cangpinghe Station; HZB: 猴子垵电站 Houzibao Station. 1~5: 取样点 Sampling sites.

### 3.3 不同生境的藻类总密度、叶绿素 a 浓度和多样性指数

多样性指数(包括 Shannon-Wiener 和 Margalef 多样性指数、均匀度、物种丰富度和属丰富度)提供了更多的有关群落组成方面的信息,多用来指示环境变化<sup>[20]</sup>.由表 2 可见,除均匀度外各多样性指数、藻类总密度和叶绿素 a 浓度在生境 3 均有明显增高. Margalef 多样性指数、物种丰富度在 5 种生境间的差异显著( $P < 0.05$ ),且生境 3 与生境 1 在属的丰富度方面也存在显著差异( $P < 0.05$ ).这说明流速的改变已经影响到该段河流浮游藻类的多样性指数及总密度.因水电站的建设将连续的水体分成了

不同生境(特别是生境 1—3),使得生境 3 的流速变为 0,为浮游藻类生存提供了更加稳定的环境.

### 3.4 不同生境硅藻生长型的变化

生长型反映了硅藻对环境条件的形态适应<sup>[12]</sup>.根据 Wang 等<sup>[20]</sup>的研究,我们从 6 种生长型中选择了 4 种,包括俯伏型(prostrate)、有柄型(stalked)、非着生型(unattached)和活动型(mobile)的相对含量(%)来评价水体的变化(表 3).活动型相对含量的增加表明溪流水体含大量沉积物;非着生型相对含量增高则表明水体静滞(图 2),因建立取水口所导致的低流速使活动型和非着生型的相对含量在生境 3 出现增高趋势.俯伏型和有柄型硅藻容易受到水

表2 不同生境藻类多样性指数和总密度、叶绿素 a 浓度变化

Tab.2 Variety of diversity index, total density and concentration of Chl a in different habitats

项目 Item	生境 Habitat				
	1	2	3	4	5
Shannon-Wiener 指数 <i>H</i>	2.63 ± 0.40ab	2.66 ± 0.39ab	2.82 ± 0.17a	2.38 ± 0.31bc	2.28 ± 0.31bc
Margalef 多样性指数 <i>M</i>	1.92 ± 0.49a	2.15 ± 0.58ab	2.51 ± 0.17bc	1.87 ± 0.24a	1.80 ± 0.19a
均匀度 Evenness	0.73 ± 0.06a	0.72 ± 0.06ab	0.72 ± 0.04ac	0.67 ± 0.10ab	0.64 ± 0.08bc
物种丰富度 Richness	37.4 ± 10.41a	42.2 ± 11.65ab	50.4 ± 4.72bc	36.6 ± 5.41a	35.4 ± 3.51a
属的丰富度 Generic richness	10.40 ± 1.52a	11.80 ± 1.79ab	14.00 ± 1.87bc	12.20 ± 1.92ab	11.60 ± 1.82a
叶绿素 a 浓度 Chl a (ug · L <sup>-1</sup> )	0.51 ± 0.47a	0.49 ± 0.23a	0.82 ± 0.81a	0.43 ± 0.22a	0.64 ± 0.47a
藻类总密度 TD (×10 <sup>5</sup> ind · L <sup>-1</sup> )	5.05 ± 2.84a	5.97 ± 2.28a	9.05 ± 5.35a	5.73 ± 2.12a	5.65 ± 1.22a

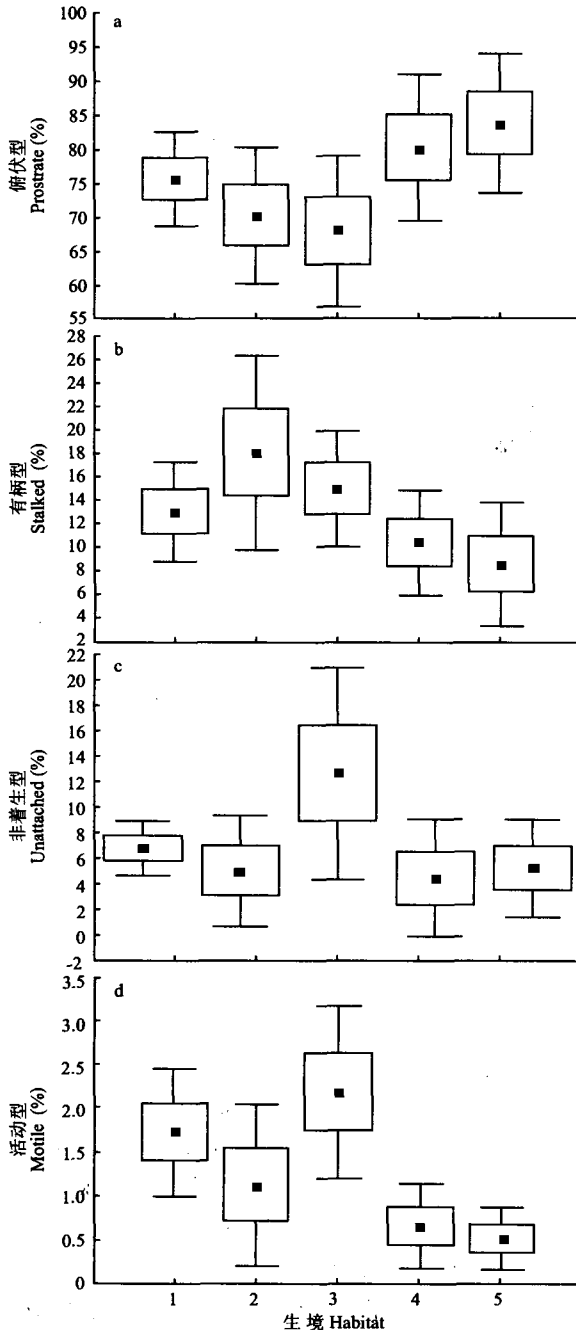


图2 不同生境各生长型参数的百分比变化  
Fig.2 Change of index percent of different diatom growth forms in varied habitats.

表3 硅藻生长型的分类

Tab.3 Classifications of diatom growth forms

属 Genus	生长型 Growth form	属 Genus	生长型 Growth form
<i>Achnanthes</i>	P	<i>Hannaea</i>	E
<i>Amphora</i>	P	<i>Melosira</i>	U
<i>Asterionella</i>	U	<i>Navicula</i>	P
<i>Asterionella</i>	U	<i>Nitzschia</i>	P, M
<i>Cocconeis</i>	P	<i>Pinnularia</i>	P
<i>Cyclotella</i>	U	<i>Stephanodiscus</i>	U
<i>Cymbella</i>	S	<i>Surirella</i>	P, M
<i>Diatoma</i>	U	<i>Synedra</i>	E
<i>Fragilaria</i>	V	<i>Tabellaria</i>	U
<i>Gomphonema</i>	S		

P: 俯伏型 Prostrate; E: 直立型 Erect; S: 有柄型 Stalked; U: 非着生型 Unattached; V: 可变型 Variable; M: 活动型 Motile.

文变化的影响<sup>[14]</sup>, Pearson 相关性分析表明,二者与流速存在极显著相关(*r* 分别为 0.512 和 -0.531, *P* < 0.01). 活动型的相对含量在 5 种生境间差异极显著 (*F* = 4.609, *P* < 0.01), 且非着生型的相对含量在生境 2, 3 间也存在显著差异 (*P* < 0.05). 即两种生长型(活动型和非着生型)硅藻已明显受到小水电开发的影响.

### 3.5 不同生境硅藻组成的变化

以异极藻的物种数目占总物种数的百分比及卵形藻属密度作为典型参数, 表征不同生境硅藻组成的变化. Pearson 相关性分析表明, 扁圆卵形藻的相对含量 (*r* = 0.737, *P* < 0.001)、异极藻的物种数目占总物种数的百分比 (*r* = -0.412, *P* < 0.05)、卵形藻属的相对含量 (*r* = 0.762, *P* < 0.001)、卵形藻属密度 (*r* = 0.603, *P* < 0.01) 和桥弯藻属密度 (*r* = -0.446, *P* < 0.05) 与流速的关系显著. 从图 3 可以看出, 尽管生境 2, 3, 5 拥有低流速和相对稳定的生态环境, 有利于多数藻类的生长, 但因卵形藻属 (*Cocconeis*) 特殊的生态特征<sup>[9]</sup>, 扁圆卵形藻的相对丰富度、卵形藻属的相对丰富度和卵形藻属密度却表现出了相反的趋势: 从生境 1 到 3 出现降低趋势, 生境 3 最低, 生境 5 低于生境 4.

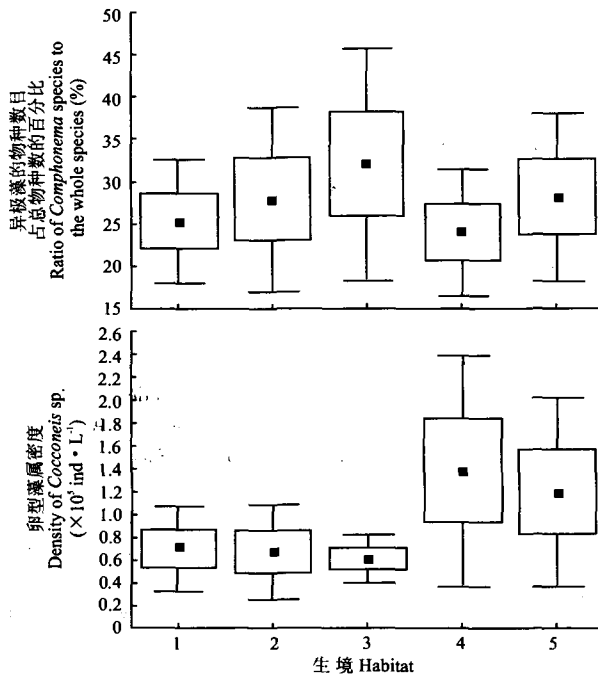


图3 不同生境两个典型参数的变化  
Fig. 3 Change of two typical metrics in different habitats.

### 3.6 不同生境硅藻百分含量的变化

硅藻在恶劣的环境中具有较强的竞争力,如扁圆卵形藻适应于浅水和光照不足等恶劣环境条件,而桥弯藻属、异极藻属易吸收光和营养物质<sup>[10]</sup>.从图4可以看出,硅藻百分含量与流速显著正相关( $r$

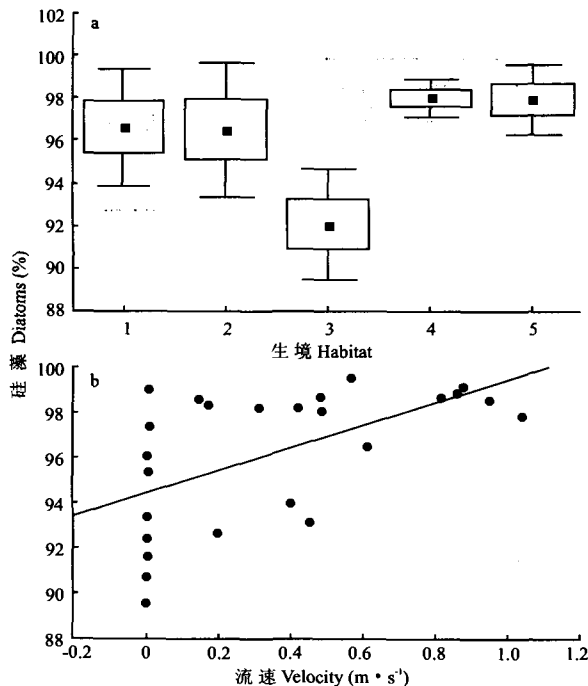


图4 不同生境硅藻百分含量的变化及其与流速的关系  
Fig. 4 Change of diatom percent in different habitats and its relationship with current velocity.

$=0.562, P < 0.01$ ): 硅藻百分含量 =  $94.47 + 4.95 \times$  流速. 硅藻百分含量在 5 种生境间的差异极显著 ( $F=5.273, P < 0.01$ ), 而生境 3 的硅藻含量显著低于其它生境. 可见, 硅藻百分含量可以用来指示水体变化, 揭示小水电开发的潜在影响.

## 4 结 论

1) 在所观察到的 159 种浮游藻类中, 线性曲壳藻、披针曲壳藻椭圆变种、扁圆卵形藻为绝对优势种, 其平均相对丰富度分别为 23.96%、18.62% 和 12.48%, 样点的平均藻类密度为  $6.29 \times 10^5 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ , 最高密度出现在  $\text{SDH}_3$  ( $1.81 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 最低为  $2.35 \times 10^5 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$  ( $\text{SDH}_1$ ).

2) 流速变化是小水电开发对河流浮游藻类产生影响的主要原因. 电站取水坝的建立, 使得生境 3 流速为 0, 水体更新缓慢, 因而生境相对稳定, 该生境的多个参数均受到显著影响.

3) 水电开发所致的断流现象不容忽视, 采样时间适逢香溪河枯水季节的初期, 随着时间的推移断流现象可能更加严重, 有必要基于某个或几个典型电站做季节动态研究, 同时, 对于水电开发部门来说, 在枯水期最好能保证河道不断流.

## 参考文献

- [1] He C-C (何长才). 1990. Investigation on the resources of fish in Xiangxi River. *Hubei Fishery* (湖北渔业), (3): 84-85 (in Chinese)
- [2] Hu H-B (胡红波), Gu Y-J (顾泳洁), Li M (李明). 2005. The direction relation of floating alga in the eutrophic water of Liwa. *Journal of Biology* (生物学杂志), 22(2): 32-35 (in Chinese)
- [3] Hu H-J (胡鸿钧), Li R-Y (李尧英), Wei Y-X (魏印心), et al. 1980. *Freshwater Algae in China*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. (in Chinese)
- [4] Jiang M-X (江明喜), Deng H-B (邓红兵), Tang T (唐涛), et al. 2002. On spatial pattern of species richness in plant communities along riparian zone in Xiangxi River watershed. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 22(5): 629-635 (in Chinese)
- [5] Jin T (金涛), Liu Y (刘艳). 1996. Geographical conditions for soil erosion and water loss in Xiangxi Valley in the Three Gorges region and its renovation. *Research of Soil and Water Conservation* (水土保持研究), 3(4): 98-102 (in Chinese)
- [6] Kuang Q-J (况琪军), Hu Z-Y (胡征宇), Zhou G-J (周广杰), et al. 2004. Investigation on phytoplankton in Xiangxi River watershed and the evaluation of its water quality. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 22(6): 507-513 (in Chinese)

- [7] Leland HV, Brown LR, Mueller DK. 2001. Distribution of algae in the San Joaquin River, California, in relation to nutrient supply, salinity and other environmental factors. *Freshwater Biology*, **46**: 1139-1167
- [8] Millie DF, Pigg RJ, Bendis BJ, et al. 2002. Relating phytoplankton dynamics to environmental forcing in the lower St. Johns River estuary: A multivariate assessment. *Journal of Phycology*, **38**(s1): 28-28
- [9] Monteanu N, Maly EJ. 1981. The effect of current on the distribution of diatoms settling on submerged glass slides. *Hydrobiologia*, **78**: 273-282
- [10] Otten JH, Willemse MTM. 1988. First steps to periphyton. *Archiv fur Hydrobiologie*, **112**: 177-195
- [11] Parasiewicz P, Schmutz S, Moog O. 1998. The effect of managed hydropower peaking on the physical habitat, benthos and fish fauna in the River Bregenzerach in Austria. *Fisheries Management and Ecology*, **5**: 403-417
- [12] Peterson CG, Stevenson RJ. 1992. Resistance and resilience of lotic algal communities: Importance of disturbance timing and current. *Ecology*, **73**: 1445-1461
- [13] Qu XD, Tang T, Xie ZC, et al. 2005. Distribution of the macroinvertebrate communities in the Xiangxi River system and relationships with environmental factors. *Journal of Freshwater Ecology*, **20**(2): 233-238
- [14] Stevenson RJ. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats// Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL, eds. *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. New York: Academic Press: 3-30
- [15] Tang T (唐涛). 2003. Studies on characteristics of epilithic algae and ecosystem management of Xiangxi River. PhD Thesis. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences. (in Chinese)
- [16] Tang T, Cai QH, Liu RQ, et al. 2002. Distribution of epilithic algae in the Xiangxi River system and their relationship with environmental factors. *Journal of Freshwater Ecology*, **17**(3): 345-352
- [17] Tang T(唐涛), Li D-F(黎道丰), Pai W-B(潘文斌), et al. 2004. River continuum characteristics of Xiangxi River. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **15**(1): 141-144 (in Chinese)
- [18] Tang T (唐涛), Qu X-D (渠晓东), Cai Q-H (蔡庆华), et al. 2004. River ecosystem management-A case study of Xiangxi River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* (长江流域资源与环境), **13**(6): 594-598 (in Chinese)
- [19] The Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai-Xizang Plateau, Chinese Academy of Sciences (中国科学院青藏高原综合科学考察队). 1992. *The Algae of the Xizang Plateau*. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- [20] Wang YK, Stevenson RJ, Metzmeier L. 2005. Development and evaluation of a diatom-based index of biotic integrity for the Interior Plateau Ecoregion, USA. *Journal of the North American Benthological Society*, **24**(4): 990-1008
- [21] Ye L (叶麟), Li D-F (黎道丰), Tang T (唐涛), et al. 2003. Spatial distribution of water quality in Xiangxi River, China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **14**(11): 1959-1962 (in Chinese)
- [22] Zhang Z-S (章宗涉), Huang X-F (黄祥飞). 1991. *Research Methods for Freshwater Plankton*. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- [23] Zhou S-C (周淑婵), Huang X-F (黄祥飞), Tang T (唐涛), et al. 2006. Primary studies on plankton rotifers and water quality assessment in Xiangxi Bay of the Three Gorges Reservoir. *Acta Hydrobiologia Sinica* (水生生物学报), **30**(1): 52-57 (in Chinese)
- [24] Zhu H-Z (朱蕙忠), Chen J-Y (陈嘉佑). 2000. *Bacillariophyta of the Xizang Plateau*. Beijing: Science Press. (in Chinese)

---

作者简介 吴乃成,男,1981年生,硕士研究生.主要从事淡水与流域生态学研究. Tel:027-68780030; E-mail: wunaicheng@ihb.ac.cn

责任编辑 肖红

---