

珠江、流溪河大型底栖动物分布
和氮磷因子的相关分析*

刘 玉¹, VERMAAT J E², RUYTER E D de², KRUIJF H A M de²
(1. 中山大学环境科学研究所, 广东 广州 510275;
2. IHE 研究院, Delft, 荷兰)

摘 要: 采用 Anova、多重比较并 *t* 检验的方法来比较氮、磷因子和大型底栖动物在 3 个河段 (流溪河、珠江西航道及前航道) 的显著性差异分布及它们之间的相关。结果显示, 主要污染物均为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 均高出国家地表水水质 V 级标准。前航道 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量最低, 硝化作用和河流自净作用大大地降低。 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 也是前航道、西航道的污染因子。 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 不是生物分布的限制因子, 底栖动物计数和河流底层的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 呈显著负相关关系。必须进行氮和磷的污染控制及治理, 才可能提高河流底栖动物多样性, 提高生态环境质量。

关键词: 珠江; 流溪河; 大型底栖动物; 氮、磷因子; 相关分析
中图分类号: X522 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) 01-0095-05

珠江是广州的母亲河, 河段自 20 世纪 80 年代开始就已受到污染。流溪河是个相对清洁的河流, 是广州市的重点饮用水源保护区, 但近些年也有污染问题。两河的水质现状密切关系到广州市的经济和社会发展。多年来两河的水质现状一直由有关部门进行监测, 但对两河的生态现状则不甚了解^[1]。因此, 为了对两河的水质现状有一全面了解, 我们开展了对珠江、流溪河的生态调查, 将有助于两河的保护及满足未来发展需要。

在河流生态系统中, 大型底栖动物一直被认为是一类很好的生物监测者, 可以用来评价水质及水质污染^[2-4]。因此, 本研究采用底栖动物来监测评价两河水质, 分析大型底栖动物和氮、磷因子的相关, 从而阐明底栖动物的生存和生境中营养或污染因子确有相关性, 为了改善生态现状, 必须要改善水质污染状况, 提出污染重点因子, 供有关部门进行污染治理时参考。

1 研究方法

1.1 研究水域

珠江广州河段和流溪河在不同的河段污染水平不一^[1]。为了了解珠江广州河段和流溪河的生态现状及其与水质的相关, 研究水域也划分成 3 个不同的河段 (见图 1)。

黄沙到员村河段, 为通过广州市区的珠江前航道, 为最污染河段, 在研究中为河段 III (9~12 号); 黄沙到鸦岗河段, 为出广州市中心区的珠江西航道, 中等污染河段, 为河段 II (5~8 号); 鸦

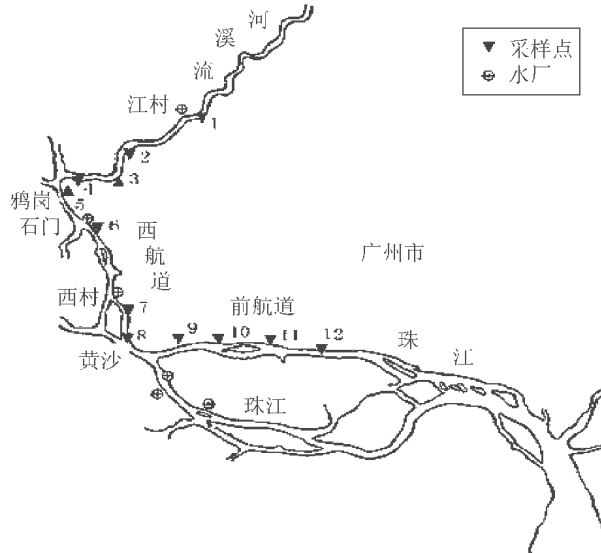


图 1 珠江和流溪河三个河段的划分和采样点图示
Fig. 1 Illustration of the three sections and sampling points in the Pearl River and the Liuxi River

采样点: 1—2—3—4—5—6—7—8—9—10—11—12
降河距离/km: 0—7—10—12—13—17—25—28—30—33—36—38

* 收稿日期: 2002—05—20
基金项目: 世界银行基金 JJ/WBGSP 资助项目
作者简介: 刘玉 (1963 年生), 女, 双硕士, 副教授; E-mail: eeslyu@zsu.edu.cn
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岗上游, 为流溪河的最下游段, 代表了相对清洁的河流段, 并代表珠江的控制段面, 为河段 I (1~4 号) (图 1)。鸦岗 (5 号) 为国控水质断面, 位于东经 113°10'28" 和北纬 23°15'09"; 黄沙 (8 号) 是城市 (广州) 水质断面, 位于东经 113°13'22" 和北纬 23°07'8"。

1.2 参数选择和测定

水温 (°C)、采样深度 (m)、透明度 (SD, cm) 均现场测定。氮、磷 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$, $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$) 及 pH 分析根据《水质监测标准方法》^[9] 进行。

底栖动物鉴定和分析根据底栖动物的种类分类和计数方法^[6-9] 来进行, 并计算密度 (个/m²) 值。

1.3 采样时间和方法

用 5L 采水器分别在每一样点采集表层和底层水样。用采泥器采样底栖动物, 每点重复 2~5 个样品以减小自然微生境的影响^[9]。于 1999 年 10 月和 2000 年 1 月进行。每次有 24~60 个样品。采样后即用水冲洗好样品, 后在实验室鉴定和分析。

1.4 数据处理和分析

采用单因子 Anova 方法、多重比较并 *t* 检验的方法等^[10], 比较氮、磷因子和大型底栖动物分布及其在 3 个河段的显著性差异分布。

2 结 果

2.1 理化因子

采样当日, 水温变幅为 15.4~17.5 °C, pH 在 6.85~7.25, 采样深度在 3~6 m, 均在河北岸采样, SD 为 25~50 cm。

2.2 氮、磷特征

2.2.1 氮、磷因子河段平均值与中国地表水水质标准 (EQSSW) 的显著性差异比较 氮、磷表、底层分布特征见图 2。

将氮、磷含量与国家地表水水质标准 (EQSSW, GHZB1-1999) 进行比较, 将氮、磷含量高出 EQSSW 三级标准的定为污染。因此, 氮、磷污染现状为: 3 个河段的共同污染物为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 在 12 个样点均高出 V 级标准, 尤以前航道为剧, 平均浓度为 9.09 mg/L, 高出 V 级标准 6 倍之多。西航道 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量最高, 前航道最低, 主要是由于前航道氧含量最低 (平均含量为 0.53 mg/L), 使得硝化作用和河流自净作用都极大地降低。相反, 西航道和流溪河均可进行硝化作用和河流自净作用, 污染相对较轻。 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 也显示出在前航道最高和在流溪河最低的态势, 并

在样点 5 号和 12 号达到 V 级标准, 前航道和西航道的平均值均在 II 级标准以上, 为污染因子。前航道、西航道污染相对比流溪河较为严重。

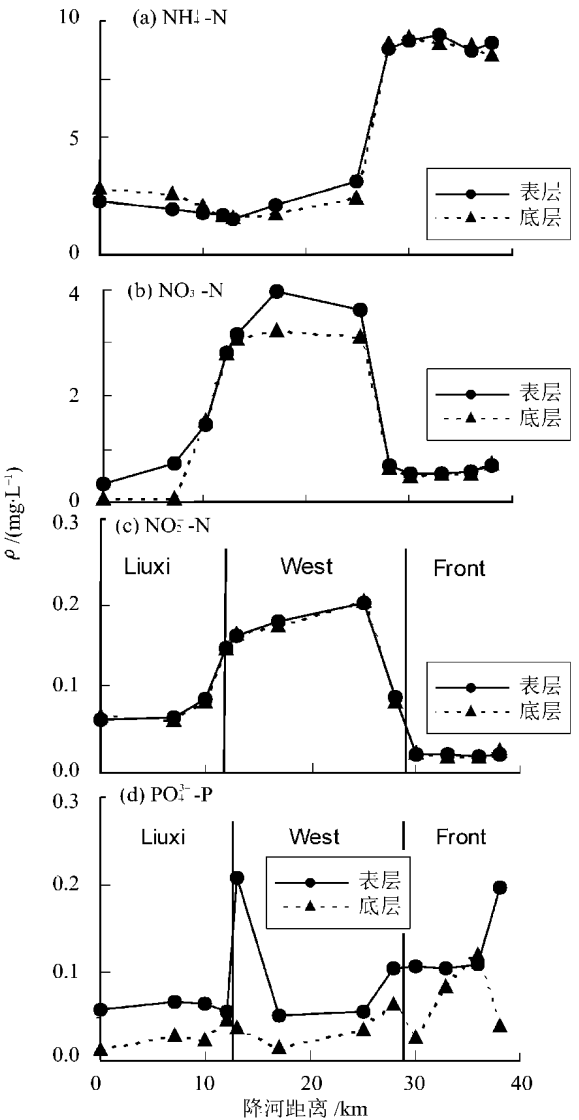


图2 珠江和流溪河表、底层氮和磷浓度
Fig. 2 Surface and bottom concentrations of nitrogen and phosphorus in the Pearl River and the Liuxi River

2.2.2 氮、磷因子三河段平均值的显著性差异比较 用 Anova 及多重比较并 *t* 检验的方法来进行表和底层氮磷因子河段间的比较 (表 1)。在流溪河, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 都显著地低于西航道, 而西航道又显著地低于前航道, 航道间均有显著性差异。整个前航道具最高的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量, 平均表层 9.09 mg/L, 底层 8.98 mg/L。对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$, 只有表层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 显示出三航道间的显著性差异。 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 均显示出三航道间的显著性差异。同时, 可以看出, 三个河段 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 均无显著性差异。

2.2.3 氮、磷因子表、底层平均值的显著性差异

比较 在水深 6 m 的采样深度, 比较氮、磷因子的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 在整个河流表、底层均具显著表、底层差异。结果显示, 氮因子 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 性差异, 但 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 无显著性差异 (见表 2)。

表 1 氮、磷在三河段间分布的显著性差异比较¹⁾

Tah 1 Among section comparisons of surface and bottom nitrogen and phosphorus using Anova and multiple comparisons

水质因子	河段			P
	流溪河	西航道	前航道	
S- $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	1.93±0.14 ^a	3.92±1.66 ^{ab}	9.09±0.14 ^b	0.002
S- $\text{NO}_3^- - \text{N}$	1.33±0.54 ^a	2.86±0.74 ^{ab}	0.58±0.04 ^b	0.038
S- $\text{NO}_2^- - \text{N}$	0.09±0.02 ^a	0.16±0.02 ^{ab}	0.02±0.001 ^b	0.002
S- $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$	0.06±0.002	0.11±0.04	0.13±0.02	0.203
B- $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	2.32±0.27 ^a	3.73±1.79 ^{ab}	8.98±0.16 ^b	0.004
B- $\text{NO}_3^- - \text{N}$	1.13±0.66	2.52±0.63	0.58±0.05	0.069
B- $\text{NO}_2^- - \text{N}$	0.09±0.02 ^a	0.16±0.03 ^{ab}	0.02±0.002 ^b	0.002
B- $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$	0.03±0.007	0.04±0.01	0.07±0.022	0.181

1) EE= 0.05; 平均值±SE

表 2 珠江和流溪河氮、磷因子的表、底层值比较

Tah 2 Comparisons of surface and bottom values of nitrogen and phosphorus in the Pearl River and the Liuxi River

水质因子	表层	底层	P(2 尾)	r(P)
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	4.98±1.04	5.01±1.02	0.793	0.99(<0.01)
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	1.59±0.40	1.41±0.37	0.045	0.98(<0.01)
$\text{NO}_2^- - \text{N}$	0.09±0.02	0.09±0.02	0.871	0.99(<0.01)
$\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$	0.099±0.015	0.045±0.009	0.006	0.21(NS)

2.3 底栖动物分布特征

流溪河样点 1 号, 只有中等需氧 (moderate O₂ demander, MOD) 的生物存在, 平均密度 545 软体动物 /m² (图 3)。2 号和 4 号, 也是只有中等需氧的生物存在, 数量降低。流溪河下段已有耐低氧 (low O₂ tolerant, LOD) 的生物类群颤蚓类出现, 4 号为 341 个 /m²。西航道 7 号, 颤蚓类最大密度为 3 196 个 /m² (图 4), 同时 6 号有中等需氧生物 75 个软体动物 /m² 存在 (图 3)。由于前航道的低氧浓度 (平均 DO 为 0.35 mg /L), 大型底栖动物均由耐低氧的颤蚓类组成, 密度为 136 ~ 1 045 个 /m² (图 4)。由于各种原因 (如底质、污染), 一些样品中无底栖动物存在。前航道完全没有中等需氧生物存在 (图 3)。3 个河段中均无高需氧生物 (high O₂ demander, HOD) 存在。

比较底栖动物河段间分布差异 (表 3), 可以看出河段间低需氧 (LOD) 底栖动物密度分布确有显著性差异, 总计数也有显著性差异分布。中等需氧 (MOD) 底栖动物密度分布没有显著性差异。

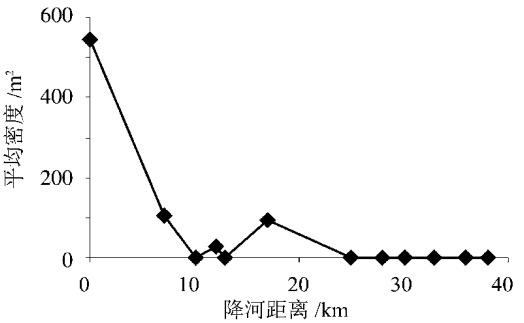


图 3 珠江和流溪河中需氧底栖动物密度分布
Fig 3 Densities of moderate O₂ demander macrofauna in the Pearl River and the Liuxi River

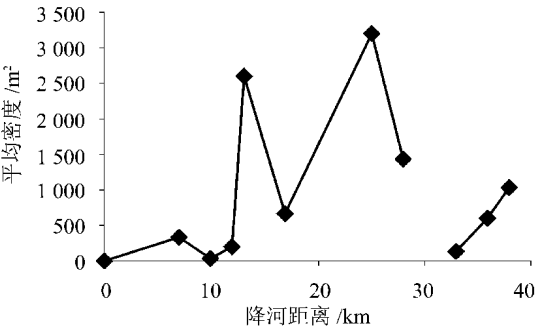


图 4 珠江和流溪河低需氧底栖动物密度分布
Fig 4 Densities of low O₂ tolerant macrofauna in the Pearl River and the Liuxi River

表 3 底栖动物分布河段间的比较

Tah 3 Among section comparisons of macrofauna distribution

大型底栖 动物数量	河段			P
	流溪河	西航道	前航道	
LOD 计数	6.5±3.2 ^a	120.3±35.2 ^b	26.3±15.9 ^c	0.012
MOD 计数	11.3±8.4	1.5±1.5	0±0	0.252
总数	17.7±7.0 ^a	121.7±34.1 ^b	26.3±15.9 ^c	0.014
颤蚓类密度	142±79.2 ^a	1973.5±569.5 ^b	448.5±238.3 ^c	0.011

2.4 底栖动物分布与氮、磷因子显著性相关比较

珠江和流溪河的大型底栖动物分布与底层 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的相关系数分别为 -0.164 、 -0.909 、 -0.771 和 -0.134 。可见,底栖动物分布与氮、磷因子有关。由于氮因子浓度均显示出表、底层差异,因此,当分析底栖动物分布与氮、磷因子间的关系时,用底层浓度优于表层浓度。

大型底栖动物分布和整个河流的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量呈显著性负相关关系,和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 均无显著性相关。

3 评价结果与讨论

由于污染水平不一,3 个河段氮、磷因子 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$) 确有分布上的差异,并因而导致了大型底栖动物分布上的差异。大型底栖动物显著性差异分布和氮、磷水质因子的相关主要是大型底栖动物计数和整个河流的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 呈负相关关系,和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 含量不相关。这主要是由于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 含量已较高,根据限制因子定律, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 已经不成为生物分布的限制因子,反而生物分布主要受较低含量 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的影响,并呈显著性负相关关系,这也即说明 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量高时会抑制底栖动物的生长,低 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 污染时会比较有利于底栖动物的生长。因此总起来说,珠江前航道、西航道由于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的严重污染而导致了底栖动物主要以耐低氧的颤蚓类组成,而流溪河 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的污染相对低些,中等需氧的生物较多。但流溪河现已有 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 污染,导致流溪河也无高需氧底栖生物存活。因此,必须进行氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)和磷($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)

—P) 的污染防止及治理,并降低 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量,才有可能提高珠江和流溪河的底栖动物多样性,满足城市发展对生态环境日益提高的要求和希望。

参考文献:

[1] 广东环境保护局. 广东环境质量报告[M] . 广东环境保护局, 1991— 1999

[2] ABEL P D. Water Pollution Biology[M] . Chichester: Ellis Horwood Limited, 1989.

[3] ADMIRAAL W, van der VELDE G, SMITH H, et al. The rivers Rhine and Meuse in the Netherlands: Present state and signs of ecological recovery[J] . Hydrobiologia, 1990, 265: 97 — 128.

[4] FRIEDRICH G, MULLER D. Rhine // WHITTON B A, ed. Ecology of European Rivers[M] . Oxford: Blackwell Sci Publ, 1984.

[5] 国家环保局,《水和废水监测分析方法》编委会编. 水和废水监测分析方法[M] . 第 3 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.

[6] MASON C F. The biology of water pollution[M] . 2nd ed. New York: Longman, 1992.

[7] HELLAWELL J M. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management // MELLANDY K, ed. Pollution monitoring series[M] . London: Elsevier Applied Sciences Publishers, 1986.

[8] KRUIJF H A M de, ZWART D de, VISWANATHAN P N, et al. Manual on aquatic ecotoxicology[M] . Kluwer Academic Publishers, 1988.

[9] 张志杰. 环境有机体的生物监测[M] . 北京: 煤矿工业出版社, 1990.

[10] GREEN R H, VASCATTO G L. A method for the analysis of environmental factors controlling patterns of species composition in aquatic communities[J] . Water Res, 1978, 12: 583 — 590.

The Correlation between Macrofauna Distribution and Nitrogen
as well as Phosphors in the Pearl River and the Liuxi River

LIU Yu¹, VERMAAT J E², RUYTER E D de², KRULJF H A M de²

(1. Institute of Environmental Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. IHE, Delft, The Netherlands)

Abstract: Water qualities of the Pearl River and the Liuxi River are closely related to the eco-social development of Guangzhou city. Biomonitoring will be helpful to the understanding of the present situations of water quality and pollution of the two rivers. Comparisons were carried out for the correlation and significant differences of nitrogen, phosphorus factors and the macrofauna counting in three river sections (the Liuxi River, the West and the Front Channel of the Pearl River) by using Anova and multiple comparisons with *t*-test. The results shown that the main pollutants were all NH_4^+ -N and all higher than the V class of EQSSW. The Front Channel had the lowest NO_3^- -N, NO_2^- -N contents, so it's nitrification and self-purification were greatly decreased. PO_4^{3-} -P was also the main pollutant in the West and the Front Channel. NH_4^+ -N and PO_4^{3-} -P were not the limiting factors for the macrofauna distribution. Macrofauna counting was significantly negatively correlated with the bottom concentrations of NO_3^- -N, NO_2^- -N of the rivers. Nitrogen and phosphorus pollution must be reduced in order to enhance the biodiversity and improve the ecological environment quality of the rivers.

Key words: the River Pearl; the Liuxi River; macrofauna; nitrogen; phosphors; correlation-ship analysis

(上接第 89 页)

An Observation Study on the Radiation Budget
Characteristics for Earth-atmospheric System

CHEN Chuang-mai¹, LI Ye-xin², ZHOU Wen³, GAO You-xi¹

(1. Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Meteorological Bureau of Zhuhai City, Zhuhai 519000, China;
3. Department of Physics & Materials Sciences, City University of Hong Kong, Hong Kong, China)

Abstract: Based on 45-month NOAA satellite data of radiation, including the absorbed sun radiation, the albedo and outgoing long wave radiation (OLR), as well as the formula for the radiation budget, the features are revealed for the zonally and monthly averaged (total and component) radiation budget in the earth-atmospheric system. The results show that the total radiation budget, absorbed sun radiation, albedo, and OLR of the earth-atmospheric system are in agreement with the theoretical illustration entirely. The weak sun radiation is due to the less sunspot activities during these 45 months.

Key words: the radiation budget; the earth-atmospheric system; sun radiation; long wave radiation; distribution characteristics