

# 珠江广州河段枯水期富营养化状况调查研究

李萍, 桂成民, 管秀娟 (广东工业大学环境科学与工程学院, 广东广州 510006)

**摘要** 以珠江广州河段(雅岗大桥至琶洲大桥)水体富营养化状况为调查对象, 布设6个采样监测点, 检测分析叶绿素 a、总氮、总磷、透明度及  $COD_{Mn}$  等污染指标, 采用综合营养状态指数法评价该河段枯水期富营养化程度。结果表明, 珠江广州河段枯水期处于重度富营养状态, 主要污染物 TP、TN 和  $COD_{Mn}$  浓度均值超过国家《地表水环境质量标准》的 V 类水标准, 属地表水劣 V 类水体。珠江上游的渔业养殖、周边城市的工业排放与广州市区生活污水是造成水体污染的主要原因, 联防联治长效机制的建立将有助于珠江水环境问题的解决。

**关键词** 富营养化; 水质监测; 综合营养状态指数法; 珠江

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)11-04961-03

## Investigation on the Eutrophication Status of the Pearl River Guangzhou Section during Drought Period

LI Ping et al (Faculty of Environmental Science and Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510006)

**Abstract** With eutrophication status of the Pearl River Guangzhou Section (from Yagang Bridge to Pazhou Bridge) as investigation objects, arranging 6 sampling monitoring plots, chlorophyll a (chl<sub>a</sub>), total phosphorus (TP), total nitrogen (TN), secchi disk depth (SD) and  $COD_{Mn}$  were detected and analyzed, comprehensive nutrition state index method was adopted to evaluate eutrophication degree in drought period. The results showed that: Guangzhou section of the Pearl River is in serious eutrophication during the dry season. Average concentration of the main pollutants chl<sub>a</sub>, TP, TN, SD and the  $COD_{Mn}$  were inferior to water quality standard V grade of surface water. Aquaculture on upper reaches of the Pearl River, industrial emissions from surrounding cities and urban sewage from Guangzhou is the main reason of water pollution. The establishment of combined prevention and abatement long-term mechanism will help to solve the problem of environmental pollution in the Pearl River water.

**Key words** Eutrophication; Water quality monitoring; Comprehensive nutrition state index method; Pearl River

珠江广州河段是指从西航道的石门开始, 直到下游莲花山段, 包括前航道、后航道和黄埔以下航道<sup>[1]</sup>。其水流形态属感潮区非恒定流。上边界以径流影响为主, 下边界为潮流所控制, 潮型为不正规半日混合潮。由于径流和潮流作用相当, 水体往复振荡, 需较长时间到达出海口, 污染物的自净能力较差, 一旦受污染, 持续时间较长。近年来, 由于排入水体的营养盐量的增加及组成的改变, 导致水体中有机物(尤其是藻类)累积加速的现象日益明显。藻类滋生(富营养化)可造成水体溶解氧耗尽、水下植被及底栖动物损失等一系列严重的生态后果<sup>[2-3]</sup>。强化珠江广州河段富营养化状况调查研究, 客观、准确地评价和预测其富营养化状态水平及变化特征可为相关规划人员和决策者提供参考, 为水环境治理、水生态环境保护提供依据。

## 1 材料和方法

**1.1 水质监测位点和频度** 该次调查沿珠江广州段雅岗大桥至琶洲大桥之间约 20 km 的区域设置 6 个采样点。具体位置: 雅岗大桥下游 500 m 距离东岸 30 m 处为 1# 采样点(河道宽度 350 m 左右); 2# 采样点设置在原西村水厂取水口下游 150 m 离东岸 30 m 处; 3# 采样点设置在珠江大桥下游 100 m 离东岸 30 m 处; 4# 采样点设置在芳村大道桥下游 150 m 离北岸 30 m 处; 5# 采样点设置在二沙岛第二码头湾离北岸 30 m 处; 6# 采样点设置在琶洲大桥上游 200 m 离北岸 30 m 处。具体采样点的位置如图 1 所示。

1 月份为珠江广州河段的枯水期, 平均水深约 2 m。2013 年 1 月 2~30 日期间, 每 7 d 分上午涨潮和下午落潮时

段采两次样。连续采集监测样品 10 批次, 共 60 个样品, 完成 300 个污染指标的测试。水样采集使用简易采样瓶采集, 采样深度为液面下 50 cm。取 1 L 水样为 1 个点的 1 次样品, 冷藏运输至实验室完成测量分析。

**1.2 监测项目与分析方法** 重点选取了与水体富营养化密切相关的监测项目: 叶绿素 a (Chl<sub>a</sub>)、总氮 (TN)、总磷 (TP)、透明度 (SD)、高锰酸盐指数 ( $COD_{Mn}$ ) 进行分析。Chl<sub>a</sub> 的测定: 取适量水样, 倒入抽滤器中抽滤(滤膜孔径为 0.45 μm); 将带有浮游植物的滤膜放入冰箱中低温干燥 6~8 h 后, 放入匀浆器中, 加入 2~3 ml 90% 丙酮溶液、少量碳酸镁粉末, 充分研磨提取; 将提取液置于离心管中, 离心 10 min, 将上清液倒入 10 ml 容量瓶中, 重复 1~2 次, 直至沉淀物不含绿色, 最后将上清液定容到 10 ml 摇匀, 在分光光度计上用 1 cm 光程比色皿分别读取 750、663、645、630 nm 波长的吸光度, 并以 90% 的丙酮作空白吸光度测定, 对样品吸光度进行校正。其他监测项目检测方法按照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 以及《水和废水监测分析方法》(第四版) 中要求的方法测定。

**1.3 评价方法** 目前, 淡水富营养化评价的基本方法主要有营养状态指数法[卡尔森营养状态指数 (TSI)、修正的营养状态指数、综合营养状态指数 (TLI)]、营养度指数法和评分法<sup>[4]</sup>。以上几种方法在实际工作中都有被采用, 相比于其他方法, 综合营养指数法简便易行, 受人为因素的干扰较少。因此, 笔者选取综合营养状态指数法评价珠江广州段枯水期富营养化程度。

笔者选取了反映水体营养程度的主要指标: Chl<sub>a</sub>、TP、TN、SD、 $COD_{Mn}$ , 综合营养状态指数为:  $TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \times TLI(j)$ 。式中,  $TLI(\Sigma)$  为综合营养状态指数;  $W_j$  为第  $j$  种参数

的营养状态指数的相关权重;  $TLI(j)$  为第  $j$  种参数的营养状态指数。以 Chla 作为基准参数, 则第  $j$  种参数的归一化的相关权重计算公式:  $W_j = r_{ij}^2 / \sum_{j=1}^m r_{ij}^2$ 。式中,  $r_{ij}$  为第  $j$  种参数与基准参数 Chla 的相关系数,  $m$  为评价参数的个数。Chla 与 TP、TN、SD、 $COD_{Mn}$  之间的相关关系  $r_{ij}$  分别为 0.84、0.82、-0.83 和 0.83,  $r_{ij}^2$  分别为 0.705 6、0.672 4、0.688 9、0.688 9。

各项目营养状态指数计算公式:  $TLI(\text{Chla}) = 10(2.5 +$

$1.086\ln\text{Chla})$ ;  $TLI(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624\ln\text{TP})$ ;  $TLI(\text{N}) = 10(5.453 + 1.694\ln\text{TN})$ ;  $TLI(\text{SD}) = 10(5.118 - 1.94\ln\text{SD})$ ;  $TLI(\text{COD}_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661\ln\text{COD})$ 。采用 0~100 的一系列连续数字对湖泊营养状态进行分级:  $TLI(\Sigma) < 30$  为贫营养;  $30 \leq TLI(\Sigma) \leq 50$  为中营养;  $TLI(\Sigma) > 50$  为富营养, 其中  $50 < TLI(\Sigma) \leq 60$  为轻度富营养,  $60 < TLI(\Sigma) \leq 70$  为中度富营养,  $TLI(\Sigma) > 70$  为重度富营养。

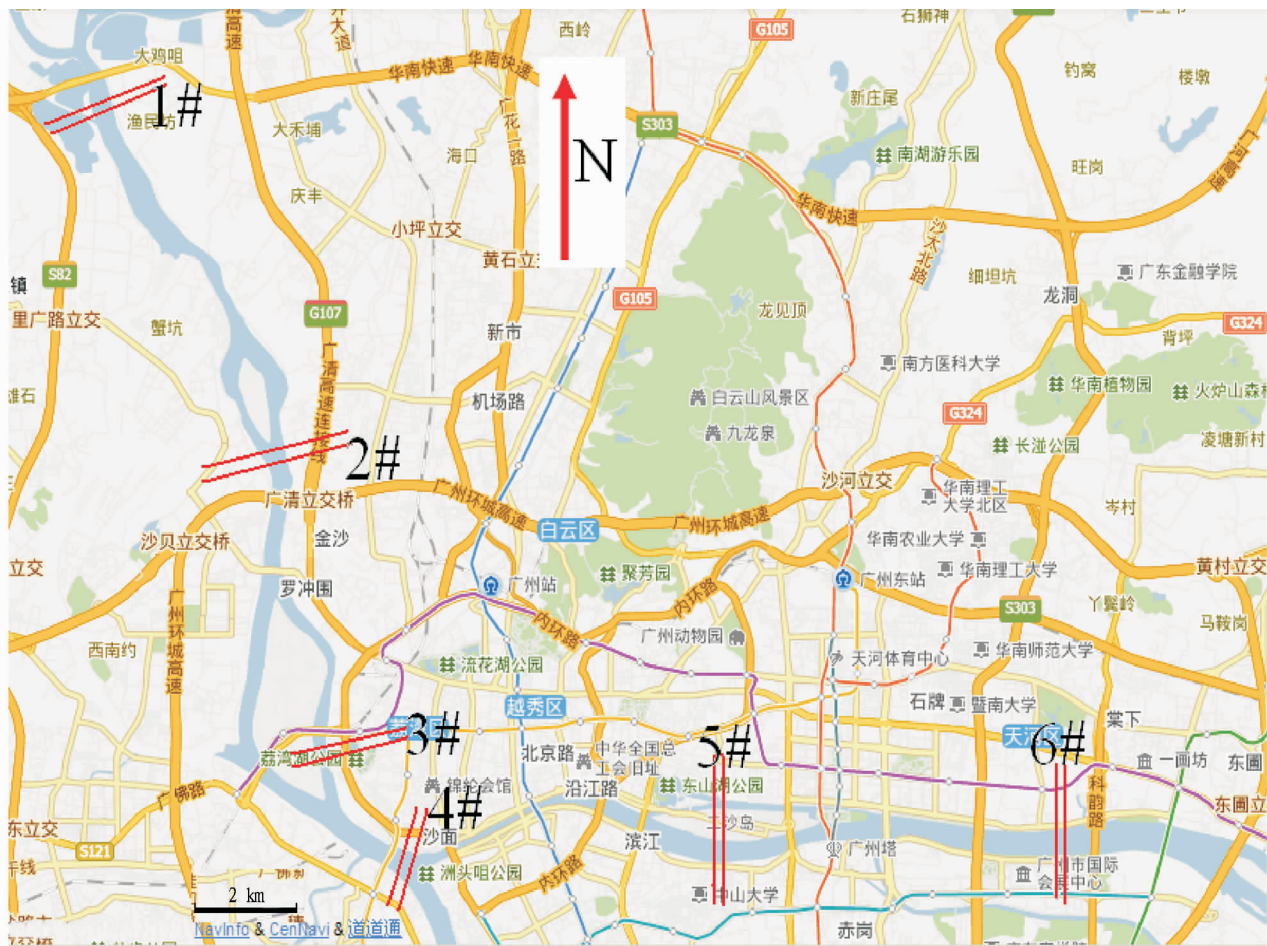


图1 水样采集点的位置

## 2 结果

### 2.1 不同监测点污染物的浓度

不同监测点污染物浓度监测值的统计结果如表 1 所示。该调查将雅岗大桥下游 500 m 距离东岸 30 m 作为珠江广州河段上游的第 1 个采样监测点, 珠江西航道和流溪河在此交汇, 该河段曾经是广州市的主要水源区。20 世纪 80 年代起, 在此取水的广州石门等自来水厂(2010 年起被迫改用西江水作水源)开始遭受“青苔水”的影响。该次检测发现主要污染物 TP、TN 和  $COD_{Mn}$  的浓度值超过国家《地表水环境质量标准》的 V 类水标准, Chla 达到  $73.3 \text{ mg/m}^3$ , 平均透明度只有 26 cm。水质现状比较恶劣, 初步勘察认为该处水质的恶化与周边的水产养殖有关; 2# 采样点为原西村自来水厂的取水口附近, 与 1# 相比水体的透明度、颜色等水质现状有些改善, 但检测结果表明主要水质指标也处于劣 V 类范围; 3# 采样监测点处于广州老城区附近, 这里雨污分流系统不够完善, 部分生活污水随雨水直接

进入河道, 遇上突降暴雨, 该监测点的水质受城区生活污水的影响比较大; 4# 采样监测点设置在芳村大道桥下游 150 m 离北岸 30 m 处, 采样现场发现流经佛山的花地涌在汇入珠江前水质黑臭的现象比较明显, 该监测点的水质受花地涌污染的影响比较大; 5# 采样点设置在二沙岛第二码头湾离北岸 30 m 处, 该处水体流动平缓, 自净能力较差, 且由于接纳二沙岛的生活污水, 采样点藻类滋生现象明显; 6# 采样点处于珠江广州段的最东面, 受猎德涌排污及下游涨潮水的双重影响, 整体水质属于劣 V 类。

综上所述, 珠江广州河段枯水期主要污染物 TP、TN 和  $COD_{Mn}$  浓度均值皆超过国家《地表水环境质量标准》的 V 类水标准, 属地表水劣 V 类水体。进一步分析后发现, 所测定的 60 个  $COD_{Mn}$  值中只有一个为 10 mg/L, 符合国家《地表水环境质量标准》IV 类水标准要求, 有 19 个  $COD_{Mn}$  值  $\leq 15 \text{ mg/L}$ , 符合国家《地表水环境质量标准》V 类水标准要求。

各监测点之间监测结果平均值的变化幅度为 Chla 16.6%、TP 24.4%、TN 21.8%、SD 13.8%、COD<sub>Mn</sub> 28.1%。

表 1 各监测点污染物浓度的统计结果

采样点	Chla//mg/m <sup>3</sup>		TP//mg/L		TN//mg/L		SD//m		COD <sub>Mn</sub> //mg/L	
	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
1#	56~93	73.3	1.2~3.7	2.17	2.0~7.2	4.10	0.18~0.39	0.26	14~32	19.8
2#	52~98	69.5	1.2~3.1	2.07	2.3~5.1	4.24	0.17~0.37	0.29	11~30	17.9
3#	45~84	66.8	1.0~2.9	1.64	2.8~6.6	4.59	0.18~0.35	0.26	10~25	16.6
4#	47~106	76.1	0.9~2.3	1.69	2.3~6.0	3.59	0.21~0.35	0.28	11~30	20.8
5#	54~113	80.1	1.0~3.1	1.65	2.2~5.8	3.59	0.22~0.34	0.28	12~35	23.1
6#	52~107	73.3	1.1~3.9	2.02	2.3~7.6	4.48	0.17~0.38	0.25	12~33	19.2
国标Ⅳ类	无标准		0.3		1.5		无标准		10	
国标Ⅴ类	无标准		0.4		2.0		无标准		15	

注:范围为每个监测点 10 批次样品污染物浓度的变化范围;平均值为每个监测点 10 批次样品污染物浓度的平均值。

**2.2 整个河段污染物的浓度分析** 为了分析珠江广州段枯水期的整体水质状况,该研究将整个河段监测期内污染物浓度指标进行统计,结果如表 2 所示。由表 2 可知,枯水期高潮汐与低潮汐各污染物浓度的总平均值均超过国家《地表水环境质量标准》的Ⅴ类水标准,属于劣Ⅴ类水质,其中,TP 超标 4.68 倍,TN 超标 2.05 倍,COD<sub>Mn</sub> 超标 1.3 倍。

表 2 整个河段监测期内污染物浓度的统计结果

项目	Chla	TP	TN	SD	COD <sub>Mn</sub>
	mg/m <sup>3</sup>	mg/L	mg/L	m	mg/L
总均值	73.18	1.87	4.10	0.27	19.57
点均值最大值	97.50	2.50	5.49	0.34	26.17
点均值最小值	63.00	1.40	3.07	0.20	14.67
最大值/最小值	1.55	1.79	1.79	1.67	1.78

注:总均值为所有 6 个监测点污染指标的平均值;点均值为每期 6 个监测点特定污染指标的平均值,点均值最大值和最小值是检测 10 期中各污染指标平均值的最大值和最小值。

珠江广州段的水量和水位受潮汐影响,每天涨潮两次,涨落历时一个周期(12 h)包括 4 个阶段,即涨潮落潮流(水位上涨,水流指向下游)、涨潮涨潮流(水位上涨,水流指向上游)、落潮涨潮流(水位下降,水流指向下游)、落潮落潮流(水位下降,水流指向下游)。高潮时间一般能维持一个多小时便开始退潮,最低潮时间在两次高潮中间的时间。涨潮时间每天不同,15 d 轮回一次。由于涨潮和落潮过程中珠江广州段水体存在往复振荡的现象,上下游的污染均可影响该区域的水质,往复振荡也缩小了各监测点污染物浓度的差距。

**2.3 营养状态评价** 由于水体的往复振荡,各监测点污染物浓度的差距较小。该研究将珠江广州河段当成一个整体,采用综合营养状态指数法评价该区段的富营养状况,结果如表 3 所示。

从表 3 可知,珠江广州段处于重度富营养状态。水体富营养化使得藻类等浮游生物大量繁殖,一方面造成水体透明

度降低,阳光难以穿透水层,从而影响水中植物的光合作用和氧气的释放;另一方面,浮游生物大量消耗水中的氧,使水中溶解氧严重不足,造成鱼类大量死亡。最终常导致水生生态系统紊乱,多样性受到破坏,水体自净能力下降甚至丧失。

表 3 综合营养状态指数法评价的有关参数

营养指标	总均值	W <sub>j</sub>	TLI	TLI(Σ)	评价结果
Chla	73.18//mg/m <sup>3</sup>	0.267	71.59	81.81	TLI(Σ) > 70,
TP	1.87//mg/L	0.188	104.59		为重度富营养
TN	4.10//mg/L	0.179	78.42		
SD	0.27//mg/L	0.183	78.34		
COD <sub>Mn</sub>	19.57//m	0.183	80.12		

### 3 结论

该调查在珠江广州河段设置 6 个采样监测点,检测该河段在枯水期 Chla、TN、TP、SD 及 COD<sub>Mn</sub> 等污染指标。通过对水质及水体富营养化状况的分析发现,珠江广州河段枯水期处于重度富营养状态,主要污染物 TP、TN 和 COD<sub>Mn</sub> 浓度均超过国家《地表水环境质量标准》的Ⅴ类水标准,属地表水劣Ⅴ类水体。污染的来源既有河段所在地的生活污水,也有该河段周边的农业和工业废水。感潮河往复振荡的特点决定珠江水环境的治理必须上下游齐心协力形成联防联治长效机制。

### 参考文献

- [1] 徐颂,杨士弘. 广州市水环境演化初探[J]. 上海环境科学,1998,17(2): 15-17.
- [2] XIA P H, ZHANG M S, LI C X. Analysis on the eutrophication and algae blooms of Hongfeng Lake reservoir in Guizhou[J]. Meteorological and Environmental Research,2010,1(12):96-98,103.
- [3] LI W, LIU Y, TIAN K, et al. Study on the application of phoslock in purifying eutrophic water in Dianchi Lake[J]. Meteorological and Environmental Research,2010,1(9):72-74,77.
- [4] 王明翠,刘雪芹,张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测,2002,18(5):47-49.