

澳门路氹湿地的水质调查与评价

梁海含¹, 林小涛¹, 梁 华^{1, 2}, 潘剑雄¹, 杨健一¹

(1. 暨南大学 水生生物研究所, 广东 广州 510632; 2. 澳门科学技术协进会, 澳门)

摘要:从 2003 年 11 月至 2004 年的 9 月对澳门路氹填海区湿地中的咸水湖和十字门水道的水质状况进行了 6 次调查。依照《海水水质标准》, 除非离子氨和化学需氧量 (COD) 含量两水体都属 IV 类水质外, 咸水湖的无机氮, 磷酸盐均属于 I 类水质, 而十字门水道的无机氮属于 IV 类水质, 磷酸盐属于 III 类水质。以富营养化指数来评价, 咸水湖与十字门水道两水体都处于富营养化范围, 但十字门水道水体富营养化指数显著高于咸水湖。

关键词: 路氹湿地; 水质; 评价

中图分类号: P734.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096 (2006) 03-0021-05

路氹湿地位于澳门路环联生工业村以北, 路氹连贯公路以西, 路氹填海区西堤公路以东范围内。该区域由于围海造地分割为数块不连贯的湿地, 有着丰富的生物多样性并为许多珍贵鸟类提供了迁徙的场所, 所以已经成为一个国际重要湿地。2001 年, 澳门特区政府在原有 80 hm² 的路氹湿地内划出面积 15 hm² 咸水湖, 加上莲花大桥澳门 (路氹) 侧沿岸滩涂约 40 hm², 总面积 55 hm² 区域列为保护区。作者对保护区内的湿地水质状况作了周年调查和分析, 以期对湿地保护区的合理规划和管理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 调查地点

本次调查的主要地点咸水湖是一个填海而成的人工湖, 位于莲花大桥的东北侧, 距另一调查地点十字门水道约 150 m, 咸水湖总面积约 15 hm², 呈长方形, 湖内以堆沙形式建有 5 个人工小岛, 水深 1.0~2.0 m, 湖的周围生长着芦苇。十字门水道是一条与珠江口相通的狭长水道, 采样点地段位于十字门浅海区。咸水湖地位高于十字门水道, 两者有一渠道相连接并设有闸门控制。本调查在咸水湖内设置 4 个站点, 分别是 S1、S2、S3、S4, 沿毗邻的十字门水道设置 S5、S6 和 S7 3 个站点 (图 1)。

1.2 样品采集

从 2003 年 11 月至 2004 年 9 月每 2 个月在设定

的 7 个站点采样一次, 用 1L 采水器采集表层 (水面下 0.5 m) 水样。

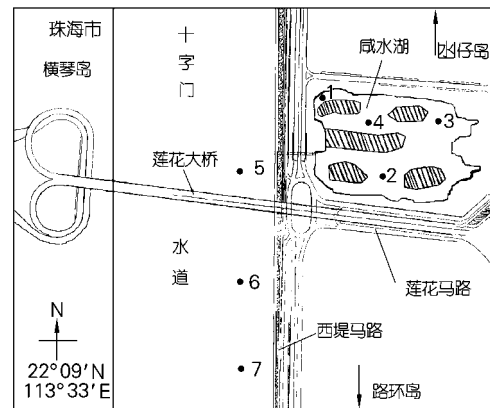


图 1 采样点

Fig.1 Sampling sites

收稿日期: 2005-05-30; 修回日期: 2005-07-25

基金项目: 澳门科学技术协进会资助项目

作者简介: 梁海含 (1980-), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 从事水环境生物学研究, E-mail: l-haihan@163.com; 林小涛, 通讯作者, 电话: 020-85228310, E-mail: tlinxt@jnu.edu.cn

1.3 水样测定与水质评价方法

水温、盐度、pH 值等指标现场测定,其它指标在实验室测定。按《海洋监测规范》^[1]的方法,化学需氧量(COD)采用高锰酸钾氧化法,亚硝酸氮采用萘乙二胺分光光度法,硝酸氮采用镉柱还原法,氨氮采用靛酚蓝分光光度法,总氮(TN)采用碱性过硫酸钾氧化法,总磷(TP)采用硫酸钾消解法,磷酸盐采用磷钼蓝分光光度法。除 COD、TN 和 TP 外,其它指标均将水样用 0.45 μm 微孔滤膜过滤后再测定。

水质分类依照《海水水质标准》GB3097-1997,水体营养类型采用营养状态综合指数法^[2],其计算公式如下:

$$E = \frac{c(\text{COD}) \times c(\text{DIN}) \times c(\text{DIP}) \times 10^6}{4500}$$

公式中 E 为富营养化指数; $c(\text{COD})$ 为化学需氧量(mg/L); $c(\text{DIN})$ 为无机氮质量浓度(mg/L); $c(\text{DIP})$ 为无机磷质量浓度(mg/L)。当 $E < 1$ 时水体为贫营养型, $E > 1$ 时,表明水体呈富营养化, E 值越高,富营养化程度越严重。

表 1 湿地水体营养盐含量的季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of nutrient contents in wetland water

时间 (年-月)	地点	营养盐质量浓度 (mg/L)							
		NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	DIN	TN	PO ₄ -P	TP	COD
2003-11	咸水湖	0.005	0.076	0.177	0.258	0.629	0.010	0.311	33.6
	十字门水道	0.052	0.599	0.191	0.842	1.239	0.031	0.657	35.1
2004-01	咸水湖	0.004	0.039	0.103	0.146	0.618	0.013	0.286	24
	十字门水道	0.032	0.642	0.249	0.922	1.628	0.047	0.069	28.5
2004-03	咸水湖	0.011	0.088	0.067	0.165	0.594	0.002	0.015	20.4
	十字门水道	0.053	0.789	0.090	0.932	1.684	0.048	0.028	30.1
2004-05	咸水湖	0.005	0.051	0.122	0.177	0.588	0.018	0.034	24.5
	十字门水道	0.091	0.301	0.302	0.694	1.740	0.032	0.048	26.2
2004-07	咸水湖	0.004	0.025	0.043	0.071	0.582	0.008	0.058	33.3
	十字门水道	0.033	1.285	0.075	1.393	1.953	0.021	0.149	43.6
2004-09	咸水湖	0.013	0.016	0.088	0.117	0.546	0.011	0.054	31.4
	十字门水道	0.135	0.683	0.194	1.011	1.955	0.012	0.047	34
全年平均	咸水湖	0.007	0.049	0.100	0.156	0.593	0.010	0.126	28.1
	十字门水道	0.066	0.808	0.183	1.057	1.700	0.032	0.270	32.8

注:表中数据分别为各月份咸水湖 4 个站点和十字门水道 3 个站点的平均值(表 2 同)

2 结果

2.1 水温、盐度和 pH 值

澳门属于亚热带海洋性气候。调查期间,咸水湖水温 7 月最高,31.2 °C;3 月最低,17.8 °C;全年平均为 24.5 °C。十字门水道水温 7 月最高,28.4 °C;3 月最低,17.6 °C;全年平均为 23.4 °C。

咸水湖的 pH 值变化在 7.4~8.5 之间,平均为 8.0;十字门水道在 7.3~8.2 之间,平均为 8.0。

咸水湖盐度在 11 月、1 月、3 月较高,分别为 16.5, 17.8, 18.5, 以后逐渐下降,5 月为 9.1,7 月为 8.3, 9 月为 3。十字门水道在 11 月、1 月、3 月的盐度分别为 18.8, 19, 24.3, 以后也逐渐下降至 5 月 7.3, 7 月 7.2, 9 月 8.5。

2.2 湿地水体中营养盐含量

湿地水体中各种营养盐含量见表 1。咸水湖全年氨氮质量浓度在 0.027~0.233 mg/L 之间,十字门水道在 0.069~0.350 mg/L 之间;咸水湖全年的亚硝酸氮

质量浓度在 0.002~0.026 mg/L 之间, 十字门水道在 0.009~0.168 mg/L 之间; 咸水湖全年的硝酸氮质量浓度在 0.012~0.155 mg/L 之间, 十字门水道在 0.276~1.339 mg/L 之间; 咸水湖全年的总氮质量浓度为 0.474~0.726 mg/L, 十字门水道在 1.234~2.206 mg/L 之间。咸水湖全年磷酸盐质量浓度在 0~0.028 mg/L 之间, 十字门水道在 0.002~0.056 mg/L 之间; 咸水湖全年总磷质量浓度为 0.004~0.559 mg/L, 十字门水道处在 0.020~0.901 mg/L 之间。

咸水湖全年 COD 质量浓度在 12.8~42.2 mg/L 之间, 十字门水道在 16.9~44.9 mg/L 之间。

2.3 水质评价

2.3.1 水质类型

湿地水体水质类型, 如以无机氮含量划分咸水湖属于 I 类, 而十字门水道则属于 IV 类标准; 以非离子氨含量划分咸水湖和十字门水道都属于 IV 类标准; 以磷酸盐含量划分咸水湖属于 I 类标准, 十字门水道则属于 III 类标准; 以 COD 质量浓度划分咸水湖和十字门水道都属于 IV 类标准。

2.3.2 水体营养程度

湿地水体富营养化指数见表 2。咸水湖与十字门水道全年各调查月份水体的富营养化指数 E 均大于 1, 但咸水湖全年 E 值平均是 7.65; 而十字门水道全

年平均高达 184.86。

3 讨论

3.1 水质的季节变化

从总氮和总磷的质量浓度来看, 咸水湖 11 月、1 月、3 月的平均值分别是 0.613、0.204 mg/L, 而 5 月、7 月、9 月的平均值分别是 0.572、0.049 mg/L, 秋冬明显高于春夏; 十字门水道总磷的质量浓度秋冬平均为 0.457 mg/L, 春夏为 0.082 mg/L, 但总氮秋冬平均为 1.517 mg/L, 夏秋平均值 1.883 mg/L。咸水湖春夏氮磷质量浓度低于秋冬主要是由于春夏降雨量大, 使得咸水湖中的水容量增大, 对湖水营养盐浓度起到了一定的冲淡稀释作用。从咸水湖盐度变化看, 秋冬平均盐度 17.5, 春夏平均盐度为 6.8, 说明也与降水的作用有密切关系。十字门水道总磷季节变化规律与咸水湖相似, 但总氮质量浓度春夏反而稍高于秋冬, 这主要是由于十字门水道是一条与珠江口相通的狭长的水域, 除受降雨等自然因素影响外, 还受到两岸人为因素较大的影响, 其水环境中 N、P 来源甚广^[3], 规律性也就不如咸水湖明显。有关报道表明, 珠江口伶仃洋春夏的氮磷含量均高于秋冬^[4], 这与十字门水道处的无机氮的年变化相吻合而与无机磷不同, 这说明十字门水道水体氮磷的变化规律与珠江口其它开放式的水域也不尽相同。

咸水湖秋冬即 11 月、1 月、3 月的 COD 低于 5 月、7 月、9 月, 这可能与春夏水温高, 水体中的浮游生物数量较高有关。从有机氮和无机氮的数量变化也可以看出, 咸水湖秋冬的有机氮平均 0.424 mg/L, 春夏平均 0.450 mg/L; 无机氮秋冬平均 0.189 mg/L, 春夏平均 0.122 mg/L, 即春夏无机氮减少而有机氮却增加, 反映春夏季 COD 的增加与生物有机体量的增加有关。十字门水道 COD 值也是春夏高于秋冬, 但澳门河口水体浊度较高^[5], 有资料表明珠江口丰水期的初级生产力低于枯水期的初级生产力, 这与丰水期水体混浊, 抑制了浮游生物的繁殖生长有关^[6]。本次调查的水段狭窄、水浅, 春夏期间水体更加混浊, 所以 COD 春夏高于秋冬并不一定是由于春夏浮游生物的生物量增加的缘故。从调查数据还可以看出在十字门水道无论是无机氮还是有机氮都是春夏大于秋冬, 其原因可能在于春夏径流量增大, 河流带来的污染物增多, 从而导致 COD 值的升高。

3.2 水质的空间变化

依照《海水水质标准》, 除非离子氨和 COD 两水体都属 IV 类水质外, 咸水湖的无机氮, 磷酸盐均

表 2 湿地水体富营养化指数

Tab.2 Index of eutrophication in wetland water

日期 (年-月)	地点	营养盐质量浓度 (mg/L)			
		COD	DIN	DIP	E
2003-11	咸水湖	33.6	0.258	0.010	18.5
2004-01	咸水湖	24	0.146	0.013	9.93
2004-03	咸水湖	20.4	0.165	0.002	1.41
2004-05	咸水湖	24.5	0.177	0.003	3.02
2004-07	咸水湖	33.3	0.071	0.008	3.93
2004-09	咸水湖	31.4	0.117	0.011	9.12
2003-11	十字门水道	35.1	0.842	0.031	204.08
2004-01	十字门水道	28.5	0.922	0.047	276.52
2004-03	十字门水道	30.1	0.932	0.048	298.97
2004-05	十字门水道	26.2	0.694	0.021	85.88
2004-07	十字门水道	43.6	1.393	0.021	286.71
2004-09	十字门水道	34	1.011	0.012	88.35

属于Ⅰ类水质,而十字门水道的无机氮属于Ⅳ类水质,磷酸盐属于Ⅲ类水质。以富营养化指数来评价,咸水湖与十字门水道全年的富营养化指数均大于1,表明两水体都处于富营养化状态。但从富营养程度来看^[7],咸水湖大多数月份富营养指数都处于1~10之间,说明其只是开始富营养化,而十字门水道全年富营养指数均大于10,说明其富营养程度已经十分严重(表3)。这主要是由于两者地理位置不同所造成。咸水湖是一个相对封闭的区域,所处的位置较高,只有大潮涨潮时,其水体才可以与外界进行交换。虽然

咸水湖有一闸门与十字门水道相通,但是在调查期间闸门几乎长期处于关闭的状态,因此受外界污染源的影响较少。同时其四周的芦苇植物群落对水质起着一定的净化作用。咸水湖周边芦苇面积约1.15 hm²,其中长期生长在水中的芦苇有0.15 hm²,这些芦苇的贮氮量约为319 kg/hm²。此外咸水湖周围亦没有农田和其它建筑物,陆源污染少。而十字门水道位于珠江口,两岸分别为珠海的横琴岛和澳门的路环岛和凼仔岛,城市排污以及河流入海带来的污染物必然会增加其水体的营养负荷。

表3 湿地水体富营养化程度评价

Tab.3 Evaluation of eutrophication in wetland water

地点	<i>E</i>	该 <i>E</i> 值出现月份数/调查月份数	频率(%)	营养等级
咸水湖	1~10	5/6	83	开始富营养
	>10	1/6	17	富营养
十字门水道	1~10	0/6	0	开始富营养
	>10	6/6	100	富营养

参考文献:

- [1] 国家海洋局. 海洋监测规范[M]. 北京:海洋出版社, 1991.254-279.
- [2] 邹景忠, 董丽萍, 秦保平. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨[J]. 海洋环境科学, 1983, 2 (2): 41-53.
- [3] 郑庆华, 何悦强, 张银英等. 珠江口咸淡水交汇区营养盐的化学自净研究[J]. 热带海洋, 1995, 14 (2): 68-75.
- [4] 杨广杏, 张展霞. 珠江口伶仃洋水化学要素剖析[J]. 环境与开发, 1999, 14 (1): 31-40.
- [5] 李立, 肖锦. 珠江澳门河口高浊度问题的防治探讨对策[J]. 交通环保, 2000, 21 (3): 13-15.
- [6] 黄良民, 陈清潮, 尹健强. 珠江口及邻近海域环境动态与基础生物结构初探[J]. 海洋环境科学, 1997, 16 (3): 1-7.
- [7] 杨新梅, 李家. 大鹿岛海域富营养化程度研究[J]. 海洋通报, 1996, 15 (5): 38-45.

Investigation and assessment of water quality in Lutan wetland in Macao

LIANG Hai-han¹, LIN Xiao-tao¹, LEUNG Va^{1,2}, PAN Jian-xiong¹, YANG Jian-yi¹

(1. Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. Macao Association for Promotion of Science and Technology, Macao)

Received: May, 30, 2005

Key words: Lutan wetland; water quality; assessment

Abstract: A study of brackish lake and Shizimen channel in the wetland of Lutan reclamation area of Macao was carried out from November 2003 to September 2004. According to the Sea Water Quality Standard of

研究报告 REPORTS

GB3097-1997, The levels of dissolved inorganic nitrogen and phosphate in the brackish lake were in the control of the Standard I .However, the levels of dissolved inorganic nitrogen and phosphate in Shizimen channel were in the control of the Standard IV and Standard III,respectively. Moreover, the levels of non-ion ammonia(NH_3) and chemical oxygen demand(COD) in the two water bodies studied were in the control of Standard IV.Based on eutrophication indexes depicted by previous studied, both water bodies we examined and the extent of eutrophication in brackish lack was significantly better than that of Shizimen channel.

(本文编辑：张培新)