

Impact of Impervious Membrane to Water Quality in Yuan Ming Gardens

Nanyi WANG, Jun AN

Beijing 101 Middle School, 100091

Email: redmondfreeman@sina.com, anjun@beijing101.com

Abstract: Water quality for three different lakes in Yuan Ming Gardens are monitored from February to August in 2009. It is found that TNs (total nitrogen) for three monitored lakes are all beyond the critical value of eutrophication. TN value of the lake #26 with impervious membrane is even lower than national Grade V water quality standard. We find that impervious membrane causes the explicit depositing effect to TN and $\text{NO}_3^- - \text{N}$, partial depositing effect to TP (total phosphate), but no explicit increasing on $\text{NH}_4^+ - \text{N}$.

Keywords: impervious membrane in Yuan Ming Gardens, water quality

圆明园防渗膜对水质的影响

王南翌, 安军

北京市第 101 中学, 北京 中国 100091

Email: redmondfreeman@sina.com, anjun@beijing101.com

摘要:我们对圆明园的两个湖在 2009 年 2~8 月期间水体性质的监测表明它们的总氮含量均超过富营养化标准, 铺防渗膜的 26#湖总氮量甚至超过国家 V 类水质标准。我们发现防渗膜对湖水总氮和硝氮含量有明显积存的作用, 对总磷有一定积存作用, 而对氨氮没有明显影响。

关键词: 圆明园防渗膜; 水质

1 引言(Introduction)

圆明园遗址作为北京市西北区的湿地在调节周边气候、减弱热岛效应起着重要作用。2002 年圆明园管理处为减少湖水下渗, 开始对园内湖底铺设防渗膜。此事件当年在社会上掀起轩然大波, 各界质疑纷至而来、专家学者纷纷发表评论, 预测并论证防渗膜对生态环境的影响(王如松, 2005)。后圆明园管理处停止了大部分防渗膜的铺设, 但仍有少量小湖铺设了防渗膜, 并未拆除。若干年过去, 防渗膜铺与不铺对水体生态系统有没有影响, 有什么影响? 作为对当年各种纷争的回应, 我们利用 101 中学毗邻圆明园的优势, 在 6 年后对防渗膜对水质的影响进行调查。我们参考国内其它地方在水环境监测和整治方面的经验(茹梅莲, 1993; 熊正琴等, 2002; 胡俊等, 2005; 孙惠民等, 2006; 殷明等, 2007; 蔡冉, 2008), 通过对圆明园内水质的监测分析圆明园防渗膜对水质的影响, 并根据调查研究的结果提出建议。

2 采样与分析 (Sample collection and analysis)

为了方便比较, 我们选择了圆明园中三个有代表性的不同湖: 01#湖、10#湖和 26#湖。它们在圆明园中的位置如图 1.所示。

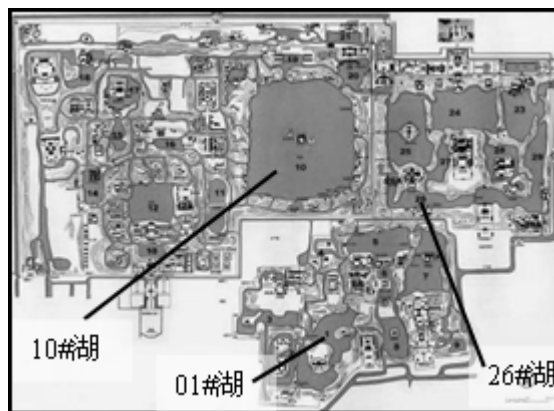


Fig.1 Positions of the monitored lakes in the Garden

图 1. 监测湖区在园中位置

其中 01#湖是圆明园的进水口, 它未铺防渗膜。这个湖的水质量直接影响全园水质; 10#湖(即福海)是 全园最大的水体系, 具有一定的稳定性与代表性。它 铺有防侧渗的防渗膜, 可被看成是部分铺设了防渗膜。 26#湖本项研究的重点监测湖, 因为它原是历史环境影 响评价的试点湖, 本监测开始时已铺膜蓄水 4 年, 有 一定历史数据可对比。由于蓄水时间较长, 生态恢复 情况较其他湖区更加良好, 适于调查防渗膜对水质的 影响。我们在 09 年 2 月到 8 月期间在不同的时间对目 标湖区水质进行了七次取样检测, 在清华大学环境系 实验室的帮助下对湖水样本试剂进行了测量。我们用 钠氏试剂分光光度法分别测量了总氮、氨氮; 用酚二 磺酸分光光度法测量了硝氮; 用过硫酸钾消化-分光光 度法测量了总磷。利用血球计数板在显微镜下通过观 察藻类微生物数目来计算藻类密度这一生态指标。我 们还综合考虑水生植物的多度与盖度两个指标, 以单 月为时间间隔记录植物的表现生长情况。我们将不铺 防渗膜的 01#湖和部分铺设防渗膜的 10#湖的监测数 据作为对照来研究全铺防渗膜的 26#湖到底对湖水质 有无影响。

3. 监测结果与分析 (Result of the monitor and analysis)

对化学指标, 图 2 给出我们监测的三个湖在不同 时间总氮含量的变化情况, 其中圆形(蓝色)、方形 (绿色)和三角形(紫色)数据点分别对应在 01#湖、 10#湖和 26#湖的总氮含量结果, 我们分别用虚线(蓝 色)、实线(绿色)和破折线(紫色)将数据点连起来 以显示湖中总氮量随时间的变化。

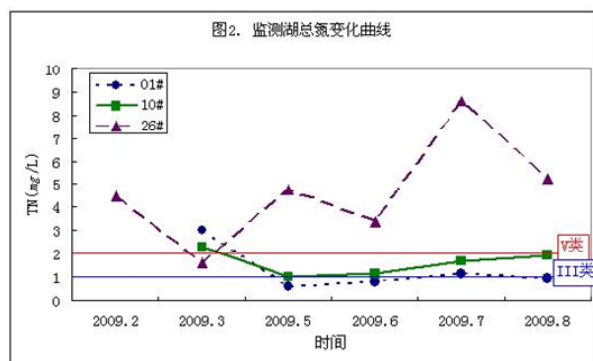


Fig 2. Curves of TN variation in monitored lakes

作为参照我们在图中还用粗的横实线(褐色)和细的 横实线(蓝色)分别标出国家V类和III类水质标准。 我们发现: 26#湖总氮含量仅在3月份比对照组低, 且之后升高速度明显高于对照组; 26#、01#、10#湖 的植被在相应月份生长情况区别不大, 对照组氮含量 升高缓慢, 考虑可能是底泥中微生物对氮元素吸收利 用所致; 除01#湖5、6月份外, 各湖总氮含量均不满 足北京市规划要求(北京市水功能区划要求圆明园水 体的水质应达到地表水III类标准)。26#湖含氮量甚 至远高于V类水质标准。

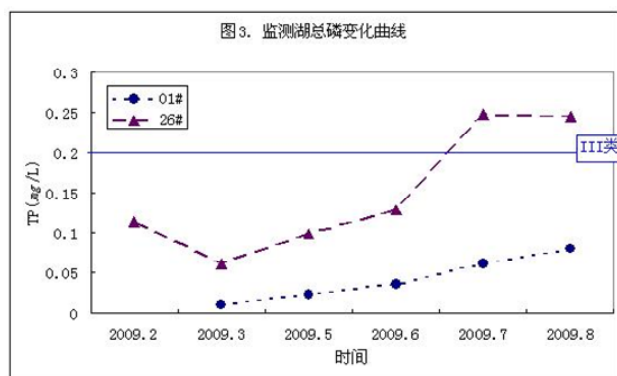


Fig3. Curves of TP variation in monitored lakes

图 3 给出我们监测的三个湖在不同时间总磷含量的 变化情况, 类似于图 2, 圆形(蓝色)和三角形(紫色) 数据点分别对应在 01#湖和 26#湖的总磷含量结果, 细 的横实线(蓝色)是国家 III 类水质标准。

我们发现: 26#湖磷含量比 01#湖高。3 月后两湖磷 含量均升高, 但 26#湖磷含量的升高速度比 01#湖快。 这可能与 01#湖未铺膜, 湖中底泥内微生物对磷的吸 收利用较好有关; 除 26#湖 7、8 月总磷含量不符合 III 类标准外, 26#湖和 01#湖的其它数据均满足北京市规 划要求。与上面的总氮含量相比较, 水体中磷含量总 体达标(除 26#湖 7、8 月)。防渗膜对磷存在淤积作 用但结果并不严重(基本符合 III 类标准)。

图 4 给出我们监测的三个湖在不同时间硝氮含量 的变化情况, 类似于图 2, 圆形(蓝色)、方形(绿 色)和三角形(紫色)数据点分别对应在 01#湖、10# 湖和 26#湖的总磷含量结果, 粗的横实线(褐色)是 国家 V 类水质标准。

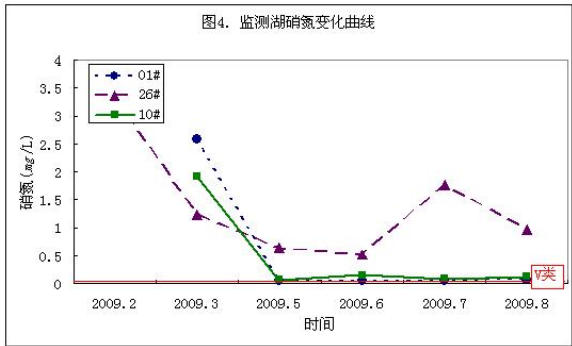


Fig4. Curves of $NO_3^- - N$ variation in monitored lakes

我们发现：硝氮含量约在 5 月份达到最低，其后回升；26#湖硝氮含量的回升速度较对照组迅速；综合总氮曲线，防渗膜对氮有一定的的积存作用；各湖硝氮含量均不满足北京市规划要求。

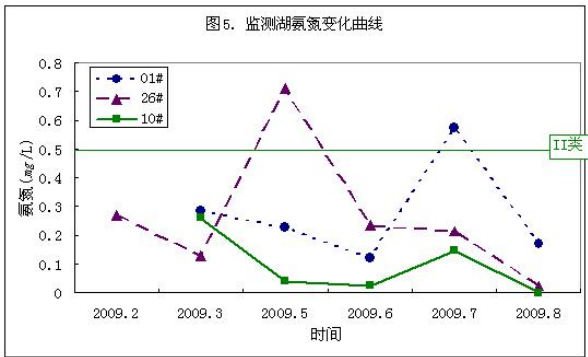


Fig 5. Curves of $NH_4^+ - N$ variation in monitored lakes

图 5 给出我们监测的三个湖在不同时间氨氮含量的变化情况，类似于图 2，圆形（蓝色）、方形（绿色）和三角形（紫色）数据点分别对应在 01#湖、10#湖和 26#湖的总磷含量结果，细的横实线（绿色）是国家 II 类水质标准。

我们发现：26#湖 3 月份氨氮含量低于对照组，5、6 月均高于对照组，7、8 月在两个对照组之间；26#湖氨氮含量在 6 月下降后没有回升，故防渗膜对氨氮含量没有必然影响；各湖氨氮含量均满足甚至优于北京市规划要求。

对水生生态指标，图 6 给出我们监测的三个湖在不同时间藻类密度的变化情况，圆形（蓝色）、方形（绿色）和三角形（紫色）数据点分别对应在 01#湖、10#湖和 26#湖的藻类密度结果。

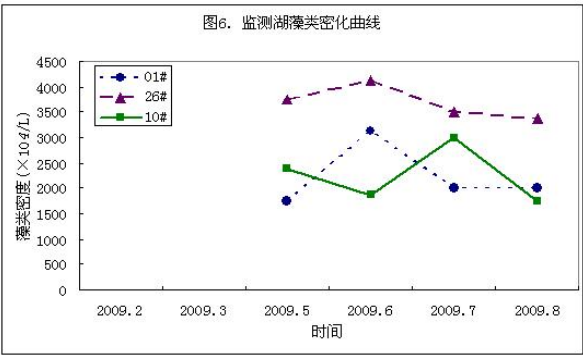


Fig 6. Curves of algae density variation in monitored lakes

我们发现：藻类密度的不规则波动显示它是受多因素影响的；26#湖营养含量较高，故藻类密度多于对照组；考虑到王家玲等（1988）给出的富营养化标准要求的藻类密度大于等于 108 个/L，圆明园湖水中的藻类含量处于健康范围。

表 1 中给出水生植物表观长势（多度与盖度综合）度量。

Table 1. Aquatic plants growth

表 1. 水生植物长势

时间/采样湖	26#	10#	01#
09.3	无	无	无
09.4 春	初步生长	低密度生长	初步生长
09.5	局部密度高	低密度生长	局部密度高
09.6	较高	低密度生长	较高
09.7 夏	高	中密度	高
09.8	高	中密度	高

表 2 中给出我们监测的水生生态内容。

表 2. 主要水生生态内容记录表

Table 2. Records of the main water environment content

时间/采样湖	26#	25#	01#	10#
09.3	枯萎	枯萎	枯萎	枯萎
09.4	荷叶 (嫩绿) 养殖金鱼	荷叶 (嫩绿)	芦苇 (墨绿/黄) 水龟(少量)	底吸藻 (乌绿)

09.5	芦苇 荷叶 (绿 黄 100: 4) 荷花 (少量 红 白 粉) 养殖金鱼	芦苇 荷叶	芦苇 (黄) 藻类	荷叶 水龟 (2) 不明植物 A 荷花 (少量 红 白 粉)
09.6	芦苇 荷叶 (无黄色) 水位下降 养殖金鱼	芦苇 荷叶 荷花 养殖金鱼 水龟 水位无 明显变化	芦苇 水位 无明显变化 水龟 藻类 荷花出现	荷叶 荷花 数量增多 水龟 养殖 金鱼
09.7	芦苇 荷叶 荷花 水位 下降明显 养殖金鱼	芦苇 荷叶 高度增大 荷花数量 增多 养殖 金鱼 水位 无明显变 化	芦苇 水位 下降 水龟 藻类 养殖 金鱼 荷花 较多	荷叶 荷花 部分开始 枯萎 水龟 养殖金鱼 莲蓬 大量野生 小型鱼
09.8	无明显变化	无明显变 化	无明显变化	莲蓬数量 增多 野生小型 鱼

总体分析所监测到的数据,可以得到如下结论:

- ①. 铺膜湖比未铺膜湖水质差,且营养物质(总氮、总磷)回升迅速。
- ②. 防渗膜对湖水总氮和硝氮含量有明显积存的作用,对水体中总磷有一定的积存作用,对水体中氨氮影响不明显。
- ③. 26#湖总氮含量在一年中波动较大,对照组总氮含量随季节变化幅度不大。鉴于王家玲等(1988)给出的富营养化标准要求的总氮的富营养化标准为大于等于 0.3mg/L,在本调查中各湖检测结果皆超过此标准,总氮含量均不满足北京市规划要求。26#湖含氮量甚至低于 V 类水质标准。
- ④. 被检测的湖,总磷和氨氮含量在国标 II 类或 III 类之间,大部分低于富营养化标准,是安全的。
- ⑤. 全园藻类含量适中。
- ⑥. 因为水中的氮元素存在形式以硝氮为主,故可认为是硝氮含量全年偏高导致了总氮含量偏高。

4. 结果产生的可能原因分析 (Analysis on the possible reasons to cause the results)

由于北京市水条件的限制,圆明园换水不够频

繁,较多使用再生水,这将有利于营养物质的积存;注意到圆明园水系统周边有多家餐厅,且吸引了大量游客,人类活动非常频繁,存在污染水质的可能。10#、26#湖区有较大数量人工养殖的观赏鱼。有游人过度投喂食物导致污染的可能;园中多以静水为主,湖水分层明显,缺乏扰动,加之营养物质的过度积存,将非常有利于藻类生长。查阅 2007-2008 年清华大学的监测资料可知,营养物质的积存是从 2009 年才慢慢显现出来的,藻类数量虽然尚处在合理范围内,但随着营养的密集,不排除会有突然爆发的可能。

底泥是圆明园水生生态系统中重要的环节,防渗膜的铺设阻碍和破坏了底泥环境,阻隔了底泥中的微生物对水中氮素的吸收利用,隔断了水的自然循环,使之无法与防渗膜下的部分进行物质、能量交换,加速了湖水中总氮含量的升高。铺设防渗膜阻碍了天然地层中地下水的下渗过程。在有限水量补给条件下,容易在防渗膜上部的底泥中出现营养物质和盐分的积累,加大了水质恶化的风险。总的来说铺设防渗膜在一定程度上切断了底泥中微生物与其他组成部分的联系,部分阻碍了生态系统物质循环过程。东部防渗工程的水体受总氮、总磷的影响较为显著,如不能保证适当的水体交换量,有可能导致湖水污染。

5. 结论与建议(Conclusions and Suggestions)

防渗膜本身不具有引发水污染的能力。但防渗膜可以阻断底泥中微生物对水体营养物质的分解,造成营养物质的淤积。如果水体自身营养过剩、缺乏必要的扰动(包括水平流动与水层间垂直扰动),加之人类活动频繁,则防渗膜可以明显加剧湖泊生态环境的进一步恶化。目前圆明园内湖水的总氮、总磷含量已确定达到富营养化标准,只有藻类含量尚在波动。现在的水体依靠人工维持才得以保持健康,所以存在较大的富营养化危险。应立即采取治理措施尽量恢复其自然运转、消解的能力。

为尽量减少人类活动的影响,我们建议在重点湖区沿岸种植大量矮灌木,利用植被将湖与游人道做部分隔离(为保证旅游质量故只做部分隔离)。减轻人类活动对水生生态系统的影响并美化环境。时常开设各个湖区之间的水闸,让各湖区水生生态系统组合成一个流动的整体,加大扰动、混合水层,增强水体自节能力,消除藻类生长的优势条件。尽力使湖水在有

膜和无膜区之间流动，既能减少湖水的下渗又大大减小了营养沉积过多的可能。维持现行的湖面清理工作，捞除垃圾以及大型浮游藻类（这个工作在夏季尤为重要）。可以选择种植适当的净水植被并定期收获。这是因为植被可以帮助吸收湖水中的营养物质，且将其固定在植物体内（而后被人收获），从而防止了植被死亡后在水体中再度被分解，而增加水中营养物质的积累。在除凤麟洲、玉玲珑馆以外的湖区推广使用“食藻虫生态修复技术”，以使藻类总数保持在合理范围内。防止夏季可能出现的水华。

致谢 (Acknowledges)

感谢许文昊、王澍、张晨昱、姚远、丁澄洋和董皓同学协助获取水样；感谢清华大学环境系王洪涛教授及其学生的指导和协助对水样进行的实验室检测。

References (参考文献)

- [1] Wang R S. Ecological Thinking of Yuanmingyuan Lake Sealing Project[J]. Research on Ecological Issues, 2005,26(6)4-6 (in Chinese)
王如松. 圆明园塑膜防渗风波的生态学思考[J]. 科技导报, 2005, 26(6)4-6
- [2] Ru M L. Pollution on Nitrogen for Several Water Body in Xian and Suggestions[J]. Water Resources & Water Engineering, 1993, 4(3)68-71 (in Chinese)
茹梅莲. 西安几种水体氮污染及其防治意见[J]. 水资源与水工程学报, 1993, 4(3)68-71
- [3] Xiong Z Q, Xing G X, Shen G Y, et al. Non-Point Source N Pollution of Lakes, Rivers and Wells in the Taihu Lake Region[J]. Rural Eco-Environment, 2002, 18(2)29-33 (in Chinese)
熊正琴, 邢光熹, 沈光裕, 等. 太湖的氮污染[J]. 农村生态环境, 2002, 18(2)29-33
- [4] Hu J, Liu Y D, Liu J T. Studying on the form and the relativity of nitrogen and phosphorus in the pore water of sediment in Dianchi Lake[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2005, 25(10)1391-1396 (in Chinese)
胡俊, 刘永定, 刘剑彤. 滇池沉积物间隙水中氮、磷形态及相关性的研究[J]. 环境科学学报, 2005, 25(10)1391-1396
- [5] Sun H M, He J, Lv C W, et al. Nitrogen Pollution and spatial distribution pattern of Wuliangsuhai Lake[J]. Geographical Research, 2006, 25(6)1003-1012 (in Chinese)
孙惠民, 何江, 吕昌伟, 等. 乌梁素海氮污染[J]. 地理研究, 2006, 25(6)1003-1012
- [6] Yin M, Shi M F, Liu C F. Preliminary Analysis and Control of TN in Danjiangkou Reservoir[J]. Environmental Science and Technology, 2007, 30(7)35-36,55 (in Chinese)
殷明, 施敏芳, 刘成付. 丹江口水库水质总氮超标成因初步分析及控制对策[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(7)35-36,55
- [7] Cai R. Analysis on characteristics of Nitrogen pollution in Luoma lake[J]. Water Resources Protection, 2008, 21(Supplements)108-110 (in Chinese)
蔡冉. 骆马湖氮污染分析[J]. 水资源保护, 2008, 21 (增刊) 108-110
- [8] Wang J L, Zang X Y, Wang Z T. Environmental Microbiology[M]. Higher Education Press, 1988
王家玲, 臧向莹, 王志通. 环境微生物学[M]. 高等教育出版社, 1988