维普资讯 http://www.cqvip.com

第 9 卷 第 2 期
1997 年 6 月
湖泊科学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES
Vol. 9, No. 2
Jun., 1997

净化湖泊饮用水源的物理-生态工程实验研究*

濮培民[1] 胡维平[1] 逄 勇[1] 魏阳春[1] 刘雪芬[1]
张静仪[1] 颜京松[1] 李文朝[1] Sven Eric Jφrgensen[2]
(1:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008;2:丹麦药学院环境化学研究所)

提要 我国许多历史上水质优良的湖泊水源区已遭污染或严重污染,净化饮用水源刻不容缓.本文介绍了自 1991 年以来在太湖进行的物理-生态工程(PEE)的部分研究成果.着重介绍在太湖的重富营养湖湾——五里湖无锡中桥自来水厂水源区的静态和抽水动态实验.阐明了 PEE 净化水质的原理,示范工程结构,若干水生植物生长规律,螺对水的净化作用及工程效果等.PEE 能有效地除藻和净化水质.工程对水的浊度、铵氮、亚硝酸氮和色度的降解效果较好,1994 年 8 月—1995 年 6 月间工程输出水比工程外原水分别平均削减 82%,60%,69%和 46%.

关键词 净化湖泊水质 饮用水源净化 物理-生态工程 太湖

1 问题的提出

我国许多大中型浅水湖泊,都有着水草茂盛、水产丰富、水质优良的历史.其中许多成为重要的水源地,但目前大都面临水质恶化的严重威胁.以我国五大淡水湖之一的太湖为例,它兼有旅游、航运、灌溉、渔业、饮用水水源等多种功能.与它相联的五里湖湾被选为无锡中桥自来水厂的水源地,但目前五里湖水质已处于重富营养化状态.夏秋季节太湖经常暴发大规模的藻类水华,堵塞滤池,藻腥扑鼻,局部死鱼,直接影响了无锡市自来水的供水量和水质,危及居民健康,严重地制约该市的工农业生产和旅游业的发展.冬春季节,藻类现存量有所减少,但常因河湖水量减少,水体自净能力减弱等原因,太湖和五里湖水质污染比夏季、秋季更为严重.由此可见,改善水源区水质是一个全年任务.

饮用水质的问题在我国和全球都带有普遍性,如何解决它是许多国家共同面临的难题.当水体受到大面积、长时间污染后,其治理相当困难.控制入湖(河)外污染源,这对改善水质是有益的,但国内外许多经验证明,这在短期内很难见效.特别对于浅水湖泊,原有的沉水植物、底栖动物大量消失,降低了湖泊自净能力,大量营养盐以藻类、生物残体、碎屑、淤泥及溶解物等形式储存于湖内,并在风浪、湖流作用下,频繁地再悬浮到水体中,增加湖水的浊度、色度和水溶营养盐.因此,仅减少入湖外营养盐输入尚不能有效控制湖泊富营化和水质恶化.深水湖泊控制富营养化也非易事.如面积为 476km^2 的欧洲康斯坦茨湖,15 年来为控制磷的输入,已耗

* 中国国家科委和欧洲联盟科技部支持项目,合同号 CII*-CT93——0094(DG 12 HSMU).
收稿日期:1996-02-08;收到修改稿日期:1996-08-12.

维普资讯 http://www.cqvip.com

资65亿马克，但水质改善进程相当缓慢[1]. 我国西湖自八十年代以来，已建成了环湖截污工程和钱塘江引水工程以及年挖泥 2×10^4t 等措施，但水质仍未得到明显改善[2]. 荷兰若干小湖挖泥的效果也不明显[3,4]，且耗资巨大. 日本最近计划用约6亿美元对面积为 220km^2 的霞浦湖挖泥 30cm，效果尚待检验. 为改善取用霞浦湖湖水的原水水质，日本土浦市自来水厂建造了生物处理设施，最大处理 16×10^4t/d，耗资 4 500 000 美元. 日耗电费约合人民币 10 万元，最后还需用粒状活性碳处理. 这样耗资大的办法在我国目前尚难以实施. 生物调控对中型湖泊也难以奏效[5]. 必需进一步探索，找出一条适合中国国情的湖泊污染治理的方法和技术. 从根本上讲，一个地区的可用水资源总是有限的，必需解决它的再生和循环利用，才能保障国民经济的持续发展和日益增长的社会发展需要. 先从净化饮用水开始的工程量比净化整个湖泊或湖湾要小得多，但能解决"近渴"，并可探索从现实可行的局部治理到大范围乃至全流域的治理途径.

为了改善局部水体的水质，从 1991 年起开展了净化太湖局部水体水质的生态工程实验研究[6]. 自 1994 年起，对该项目正继续深入研究. 本文是该实验研究的部分总结.

2 原理

净化湖泊饮用水源的物理-生态工程是在自来水厂取水口湖区，用物理和生物为主的方法净化水厂原水水质的生态工程；其目标主要是有效地改善水质，并通过有经济价值的水生生物资源的输出及减少水厂能耗、物耗获取经济效益. 这就需要在取水口湖泊中建设一个独立的子系统. 这也相当于在湖中建设一个预处理池，使其中供应水厂的水质能在一定的滞留时间内明显地优于其周围的水质. 为此，需要建设工程的保护膜和框架，并采取一系列改善水质的方法，如优化引水方式、过滤、沉降、生物净化、抑制底泥释放和二次污染等(图 1).

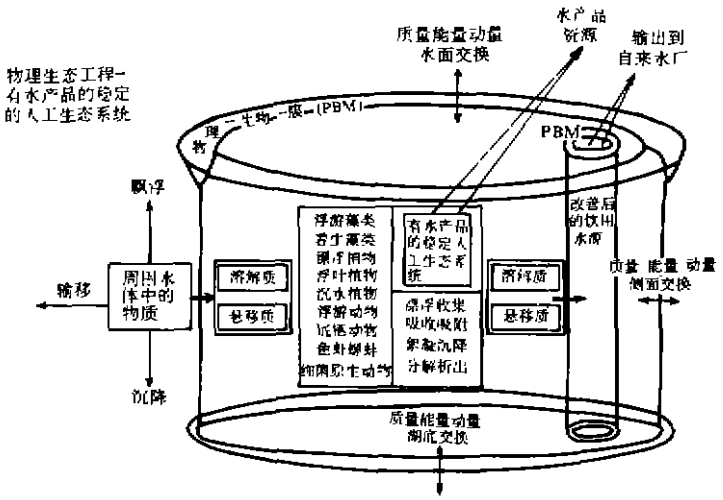


图 1 净化水质物理-生态工程原理示意图

Fig. 1 Scheme of the principles of the PEE for purifying water quality in the intake area of ZDWSP

2.1 保护膜

要建立的是能全年改善水质的人工生态系统——物理生态工程. 在已很恶劣的水质环境

维普资讯 http://www.cqvip.com

中要长期地维持一个良好的生态环境，必须给它建设一个能减缓外界环境变化对其影响的保护膜. 正如细胞需要细胞膜，动、植物需要表皮一样，物理生态工程也需要保护膜. 否则，该生态系统将不能持续其原有生命功能. 例如，工程内的清水若不能得到保护而与外界污染水大量交换，那么，工程内的水质又会变坏. 这一方面使水厂得不到好的原水；另一方面当环境变化的速度超过生物对环境的适应速度时，可导致生物种群的死亡. 许多原有茂密沉水植物和丰富生物多样性的水体，目前已成为"荒漠化"的水体，就是这样演变过来的. 这个膜的结构要因地制宜，它应具有一些基本性能. 例如：能有效地控制内外的水量交换（不透水或过滤水）和动量、能量交换（改变水流、波浪）；其宽度能覆盖整个水深或应控制的水层并能随水位变化而作相应的迅速适应；它能在恶劣的风浪、潮流作用下长期正常工作而不被破坏，并能有效地保护工程内生物种群的安全；其他如易于建造、安装和维修，能适用于不同水深、底质、价格较低等特点. 太湖马山水厂工程发展和完善起来的软隔离带具有上述特点[6,7].

2.2　框架工程

把污染的环境水改善为符合于饮用水源要求的水需要一定的过程和时间. 水质变化过程中的不同阶段要布设不同的物理-生物措施. 从工程范围、引水方式、位置开始，包括导流，布设生物种群的载体、区域划分等都需要建设物理工程框架. 导流需要用隔水或滤水材料. 固定位置可用锚定、打暗桩等办法. 载体和水域划分可用塑料布、尼龙网等. 为适应水位的变化，漂浮结构是经常使用的. 所有这些都需根据当地自然条件，因地制宜地精心设计实施.

2.3　引水方式

改善原水水质既要求降低污染物的平均浓度，也要求减少出现高浓度污染物的概率. 众所周知，湖泊水质常有剧烈的时空变化，对人体有害的高浓度污染物常出现在一定地区并有一定的概率. 若在空间和时间上取平均或加强水体混合，就可减少这种情况的出现概率. 例如，用上述不透水软隔带可较廉价地把水厂取水口延伸到较开扩、水质较好的湖区引水，工程外型应设计成有利于增加周围水体内混合交换的形态，工程面积、容积要足够大，滞留时间要尽可能长些（既可在较长时段内取平均，又延长净化水质时间）等等，都可以明显地改善原水水质.

2.4　过滤

过滤可以把水面上的漂浮杂物和水中悬移的藻类、泥沙等物质大量地挡在工程外，明显地减少工程内的浮游植物及其它悬移质的含量，从而增加水的透明度并减少有机碎屑及由它分解引起的营养盐输入. 采用过滤办法可明显改善水质的道理是显然的，但实施中的关键技术是如何保证足够的过滤水量和持续稳定的供水. 马山实验已解决了这一技术[6]. 工程外围形态要有利于将挡在外面的杂物及高浓度悬移物由水流输移掉.

2.5　生物净化

进入工程内的水，途经若干地段和滞留时间，经过许多物理和生化的变化（包括第二次过滤），最终被吸入水厂供饮用水深加工用. 要求其水质得到明显改善. 水质在工程内的这种变化主要是通过沉降、吸附、吸收、分解、摄食等多种途径实现的. 这是一种以改善水质为主要目标的人工生态系统. 着重通过物理措施及改变和控制生物种群来实现系统结构的优化. 实验表明，放养螺能使悬移质迅速絮凝沉降，明显改善水质透明度. 漂浮植物的根系能大量吸附悬移质，并成为细菌、原生动物分解有机质的很好载体. 布设塑料网等载体后，着生藻类可大量繁殖，吸收营养盐并抑制浮游藻类的生长. 漂浮植物，特别是若干速生漂浮植物，能大量吸收营养

维普资讯 http://www.cqvip.com

盐，抑制浮游藻类生长. 沉水植物与藻类的竞争极为剧烈. 当水中浮游植物浓度很高、水的透明度(在太湖及其五里湖湾经常为 0.3－0.5m)很低时，在 1.5m 水深的湖底沉水植物无法生长. 即使已生长良好的种群，在遇到数天低透明度污水的侵入后也会受抑制，直到死亡(这里再次说明工程保护膜的重要性). 反过来，生长良好的沉水植物植被又可抑制浮游藻类的生长，保持良好的透明度(其机理可能与沉水植物分泌的化学物质有关). 1995 年春在中桥实验区内的茂密沉水植物丛的枝叶上附有大量藻类，抑制沉水植物生长. 二者间存在剧烈竞争，可导致沉水植物的大量死亡. 而一旦沉水植物死亡后，附生在它上面的着生藻类也将难以生存. 水体中将代之以大量浮游藻类. 在中桥实验区观测到的这种演替，可能是湖泊富营养化的一种典型演化模式. 为了保护人工生态系统的全年持续稳定的发展，工程内各区域包括上下层种群间的配合，保持整个系统内的生物多样性和生长季节上的及时交替是成败的技术关键. 鲢、鳙、罗非鱼的摄食和蚌的滤食藻类的作用已有报道[8]. 其他摄食生物残体和碎屑的水生动物等都可因地制宜配合采用.

应该指出，细菌等微生物的作用是不容忽视的. 工程中观测到对铵氮和亚硝酸氮的明显降解作用，其有效机制是硝化细菌的作用. 光化细菌喷洒在风眼莲根部后观测到其生长速度和水的透明度增加有关. 充氧可更有效地改善水质，但要消耗电能，可作为必要情况下的补充方法.

2.6 抑制底泥释放和二次污染

浅水湖泊中，由于风浪、湖流和船只等人类活动的影响很容易引起底泥的再悬浮和营养盐向水中的大量释放，是不可忽略的因素. 净化工程中有悬移质的沉降、生物残体和碎屑以及水生动物排泄物的存在. 这些都可造成二次污染. 及时打捞和收获可以减少其影响，但难于彻底去除. 加上底泥中的营养盐与水中的含量常有数量级的差异. 所以，关键是抑制底部营养盐向水中的释放和强化生物对污染物的吸收转化. 在当今和历史上有茂密沉水植物的水体中，经过长期演化，湖底也有深厚的淤泥，但其中的水质却仍然良好、清澈见底. 这给了人们以启示，要重视湖底水生植被对环境净化的作用，看来，恢复和维持一个能在工程系统内各组成部分的相互配合协调下，全年保持生产力的水下植被是问题的关键. 它可以将不断输来的和在系统内产生的悬移质(泥沙、有机残体)，沉降吸附储存在其根部，减少它们再悬浮的机会，将分解转化的营养盐尽量储存在湖底和转换为生物资源，大大削弱底泥营养盐的释放和二次污染对水质的影响. 依靠系统内水生植物(包括着生藻类)的生长吸收，降低水溶营养盐. 由于每一种群都有其最适的生长条件，要充分利用工程内的水平和垂直空间，在水流的上、中、下不同地段的不同水层上，采取精心设计的物理和生物方法，加强管理，达到增强系统净化水质的能力，最终改善水厂原水水质的目的.

3 工程建设

马山工程是建在有大风浪的水域，试验已有报道[6,7]. 下面主要介绍 1994 年 6 月起建于太湖五里湖湾内的中桥水厂净化水质实验工程. 该工程布设在中桥水厂主取水管东侧，面积 2000m². 该湖区地势平坦，由西北向东南略倾斜，区内高差 30cm，水深一般在 1.6m 左右. 在这一范围内用间距为 2.5m 的毛竹桩和不透水材料围隔出宽 5m、长 40m 的水渠 10 条，划分成供测量水生植物生长规律(区外另辟 200m²)，抽水动态和静态等实验用的小区(图 1). 不透水围隔带用双面覆有聚乙烯膜的蛇皮布做成，上面制成充有泡沫塑料的管状浮体，下面则为充有沙

维普资讯 http://www.cqvip.com

石的重压管，其宽度可保证最高水位时正常工作．围区南端用过滤布做成．

设有多种水文气象和水化仪器，并采水样供水化和生物分析用．

4　实验概况

进行了非工程区内水生生物生长规律实验、工程区内无水交换的静态实验、不同滞流时间水泵抽水动态实验和室内实验等4种类型的实验．采用漂浮植物、沉水植物、着生藻类和软体动物及若干物理措施，包括几种措施的组合做实验．工程内保留了除围隔外不采取其他措施的对比水渠．实验表明，采取物理和生物相结合及几种生物共生、交叉混合种养殖可优化净化水质的生态系统．

实验期间气温的日变化一般在5℃左右，日平均气温自8月中旬的30℃左右，到12月中旬的10℃左右，最低在2月初为4℃左右．其中有几次较大的降温，如11月12－22日14日气温从25.1℃下降至12.6℃．水温的日较差较气温小，为1－2℃，其日平均温度一般与气温接近，但在气温迅速下降时则常较气温高．

5　五里湖水生植物的生长特点

从8月11日开始，做了凤眼莲 *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (ECS)；或 Waterhyacinth (WH)、水花生 *Alternanthera philoxeroides* Griseb (Water Peanut，WP)、蕹菜 *Ipomoea aquatica* (IA)等几种水生植物生长规律的试验．每种植物以四、五种不同密度放养在面积均为1m²的实验网格内．定期连同网格一起称重，确定不同时日水生植物的湿重．用最小均方差原则统计确定植物生长Logistic方程中当时环境条件下的稳态最大密度 K 和内禀生长率 r_0[9]．图2是根据实测资料算得的 K、r_0 值计算的凤眼莲生长特点，包括1993年在太湖马山敞水区的观测结果[6]．图上的起始放养密度均取为2kg/m²．图上可见，凤眼莲7－8月份的最大日增长率在五里湖达0.90kg/m²；太湖开敞水面为0.62kg/m²，前者大于后者，这可能主要是由于五里湖的营养盐含量比太湖敞水区要大几倍而风浪较小的原因．生长旺盛时期是在7、8月，9月以后长势渐减，10月中下旬已趋于枯萎，应及时全部取走，以减少对水质的二次污染．图2可知，凤眼莲密度约为12－13kg/m²时，在盛夏有最大增长率，似乎对净化水质最有效．但这时水面已被严密覆盖，水下光照很弱，可造成溶氧缺乏．净化水质效果并不是最佳．将放养凤眼莲密度减半，即保持6－7kg/m²比较合适．这时单位面积上凤眼莲的日增重量仍很高，日光可以有较多的透入，供水下其他水生生物利用．

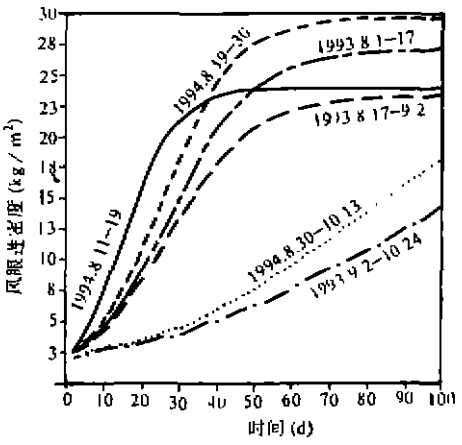


图2　凤眼莲生长特点，五里湖(1994年)及太湖梅梁湾(1993年)[6]

Fig. 2　Growth characteristics of Waterhyacinth, Wulihu Lake in 1994 and Mailiang Bay in 1993

维普资讯 http://www.cqvip.com

结果表明，水花生的增长率8月下旬以前比较大，随后则迅速下降. 凤眼莲的最大增长率可延续到9月初，蕹菜的最大增长率则出现在9月份. 这样，这3种漂浮植物的最大增长率在时间上是错开的. 这个特点可被利来延长用漂浮植物净化水质的时段，提高净化效果. 已经找到了比较简易的水上种植蕹菜的技术. 蕹菜可供食用，它与另一种已试验有较好净化水质功能并有食用价值的漂浮植物一样，都是有很好应用前景的选择.

从最大增长率看，这3种漂浮植物中，凤眼莲最大，其次为水花生、蕹菜最小；分别为0.90，0.69和0.39kg/m^2. 就内禀生长率而言，这三者都较高，分别为0.15，0.15和0.22d^{-1}.

在管理方法上，与凤眼莲一样，都需要注意及时稀疏种植和及时适量取出利用之. 要尽量减少植物残体滞留水中或沉入湖底. 水花生的种植密度与风眼莲相似，以6－7kg/m^{2}为宜，蕹菜则以4kg/m^{2}为宜.

6 螺对水的净化作用

太湖流域农村有利用螺净化饮用水的历史. 工程内的试验表明，螺能很快改善水体的透明度. 迅速改善水中的光照条件，有利于着生藻类及沉水植物的生长. 与其他同步实验区相比，有螺水道内的水，不但透明度大，清澈见底(1.5m左右)，而且色度、铵氮、亚硝酸氮等指标也有明显改善. 湖底缺氧可导致许多底栖动物死亡. 为避免这种情况，饲养螺需要采用专门的技术. 为试验螺对透明度的影响，取二只直径10cm，容积5L的筒，注入相同的湖水. 其中一只底部放养27只螺并充空气，扰动水分(1#)，另一只为无螺不充空气，无扰动的对比(2#). 削光系数的观测结果如图3. 1#内尽管有持续的扰动，但其削光系数在0.5h后即降为初始值的67%，在1.5h后可稳定在初始值的50%以下，比没有扰动的2#筒还低26%. 在1#筒内，可观察到原来的悬移质逐渐絮凝成较大的团状物，易于下沉，水质变清. 这可能是螺分泌了某种有机絮凝剂的结果，值得进一步研究.

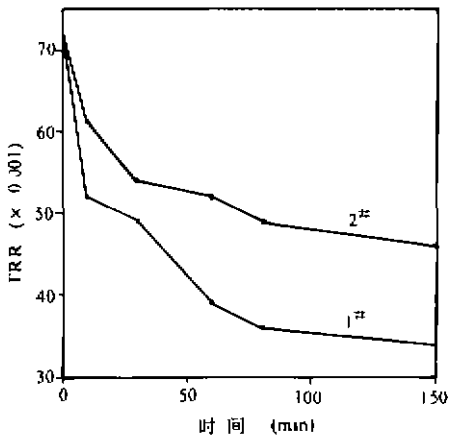


图3 铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)对透明度影响的对比实验

1#：有螺并充气扰动；2#：无螺，无扰动

Fig. 3 The transmission reducing rate in column with *Bellamya aeruginosa* and aeration at the bottom (1#) and without *Bellamya aeruginosa* (2#)

7 工程效果

围隔工程建成后，就在不同区域内布设不同组合的物理措施和水生生物种群，进行静态和动态试验. 动态试验时用相同型号的水泵同时在几组试验渠道的北端抽水，出水率为12m^3/h(相当于实验渠内约为1.5d换水周期). 一般抽12－14h后作采水样分析. 如1994年10月11日－13日用大功率泵换水，随后以上述小水泵连续换水130h，其间进行水质检测. 以铵氮为例(图4)，工程外的原水(实线)在实验期间平均约4mg/L，工程内则由最初的类似值逐渐下降到

维普资讯 http://www.cqvip.com

2mg/L 以下，最小值为 1.33mg/L，铵氮降解率达 70%左右.

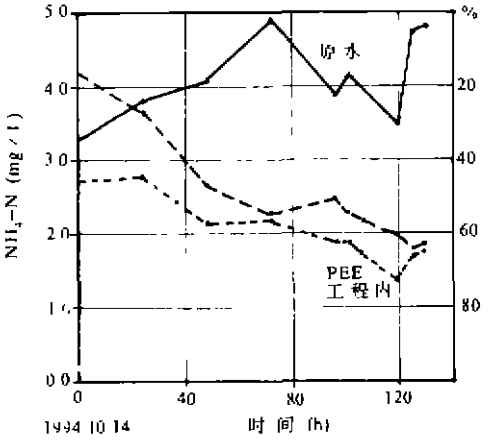


图 4　动态试验 NH_4^+-N 的时间变化
短虚线：NH_4^+-N 降解百分率

Fig. 4　Time variation of ammonia nitrogen in dynamic experiment. Solid—raw water; Dashed—output of PEE; Short Dashed—reducing rate of ammonia nitrogen by PEE

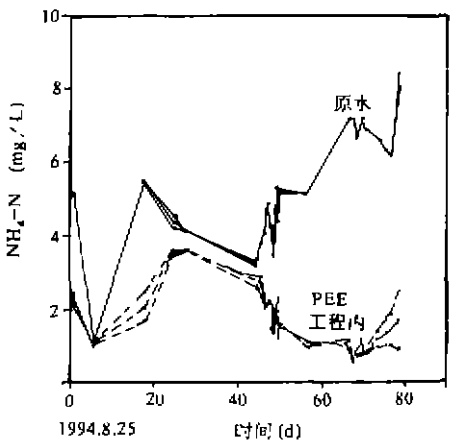


图 5　工程内外 NH_4^+-N 的变化
实线：工程外；虚线：PEE 工程的输出水

Fig. 5　Time variation of ammonia nitrogen outside and inside. Solid—raw water; Dashed—output of PEE

自 1994 年 8 月 25 日以来，工程外原水和经工程处理后输出水（图 5）中的铵氮始终有明显差异，特别当原水中铵氮达 7—8mg/L 时，工程输出水中的含量仅 1—2mg/L. 铵氮降解率最高达 92%.

国家三类水标准要求非离子氨在 0.02mg/L 以下，超标会影响食用者的健康. 五里湖严重超标，而工程对它的降解作用明显. 工程实施约一个半月后，就可使这一水质指标达到三级水标准，并持续稳定.

工程对 COD 也有降解作用，但应及时取出多余的水生植物及其残体.

表 1　PEE 工程输出水与工程外原水间的比较

Tab. 1　Comparison of water quality between raw water and the output of the PEE, Aug. 1994—June 1995

1994.8—1995.6	工程外原水		削减率，%	
	平均	范围	平均	范围
色度，度	42.6	36—58	46	25—56
浊度，度	38.9	16—84	82	65—89
NH_4^+-N，mg/L	3.84	1.33—9.29	69	39—92
NO_2^--N，mg/L	0.23	0.06—0.28	69	52—82

表 1 是 1994 年 8 月至 1995 年 6 月的平均情况. 色度、浊度、NH_4^+-N、NO_2^--N 等 4 个重要原水水质指标的削减率平均分别达 46%、82%、69%、69%. 大大降低浊度可减少水厂絮凝

维普资讯 http://www.cqvip.com

剂用量，降低能耗，降低饮用水成本. 其它3项指标都是影响人体健康而水厂内水质深处理时难于削减的指标. 由此可见，PEE工程可获明显的社会、生态和经济效益.

8 结论

从上述监测结果可见，不同的实验组合对水质的影响在不同情况下有所差别. 可以从中选择效果最佳的组合，适时适量地布设物理和生物工程，加强管理，达到明显改善饮用水源的水质是有现实可能的. 中桥水厂原水口的实验中的动态实验是按比例缩小1000倍(以日产水量18×10^4t计)在现场进行的，已经历了二年多的实践检验. 根据物理模型实验的相似原理，按一定的比例放大，加强及时总结改进，细心管理，达到上述改善水质的效果是有可能的. 需要作扩大的生产性实验，在连续抽水下检验和改进工程并满足生产需要.

实验所用的生物中有几种具有很好的食用价值，其他都可作饲料和肥料. 净化后的原水可减少自来水深处理加工中的物耗，能耗，净化水质的物理-生态工程，能获得较好的经济效益.

饮用水的质量关系到广大人民群众的身体健康，自来水的水量不足、水质不佳已经或正在成为太湖地区经济发展的严重限制因素. 这一地区地表水的水质已遭污染或严重污染，且其恶化趋势有增无减. 环境的恶化由局部扩大到大范围，自然界原有的自净循环途径遭破坏后很难恢复. 环境的治理也得从局部到大范围进行，从污染源和饮用水这两头抓起，尽量就地把受污染水中的营养盐和其他污染物，主要用物理和生物的方法转化为有用的资源，从水中取出并利用之. 人们用水量的增加意味着有更多的清洁水受到污染，就需要人们用更大的力量再把受污染水净化为清洁水. 只有完善这一循环环节，才能在本地区多次循环地利用有限的水资源，达到持续发展的目的.

我国许多地区的饮用水源大多已到了急需治理的状况. 本文论述的方案为改变这一状况，改善饮用水源提供了一种投入少、效果显著的新途径. 也为湖泊富营养化治理提供一种从局部到大范围改善水质，并有经济效益的有效途径.

致谢 参加实验研究的还有中国科学院南京地理与湖泊研究所的袁静秀、张文华、陈开宁、张圣照等和丹麦药学院环境化学研究所的Soren Nors Nielsen and Jorgen Salomonsen等，实验得到了无锡市自来水公司、无锡中桥自来水厂和无锡国家新技术开发区光华特液泵厂的支持，特此感谢.

参 考 文 献

1 濮培民. 第五届国际湖泊保护与管理会议在意大利斯特莱斯召开. 湖泊科学，1993，5(3)：287

2 Wu J，*et al*. The comprehensive control of West Lake in Hangzhou City and its change of trophic state. Eutrophication of Lakes in China，Beijing，1990. 469－500

3 Van der Does J，*et al*. Lake restoration with and without dredging of phosphorus-enriched upper sediment layers. *Hydrobiologia*，1992，**233**：197－210

4 Van Liere L，*et al*. Working group water quality research Loosdrecht Lakes：its history，structure，research programme，and some results. *Hydrobiologia*，1992，**233**：1－9

5 Van Donk E M P，*et al*. First attemp to apply whole-lake food-web manipulation on a large scale lake in the Netherlands. *Hydrobiologia*，1990，**200/201**：291－301

6 濮培民等实验小组. 改善太湖马山水厂水源区水质的物理-生态工程实验研究. 湖泊科学，1993，5(2)：171－180

维普资讯 http://www.cqvip.com

7 Pu P,*et al*. Physic-Ecological Engineering for improving Taihu Lake water quality in intake area of Mashan Drinking Water Plant. Proceedings of 5th International Conference on the Conservation and Management of Lakes. Italy,1993. 480—483

8 陈少莲等.论鲢鳙对微囊藻的消化作用.水生生物学报,1990,14(1):48—59

9 窦鸿身,濮培民等.太湖开敞水域风眼莲的放养实验.植物资源与环境,1995,4(1):54—60

A PHYSICO-ECOLOGICAL ENGINEERING EXPERIMENT FOR PURIFYING RAW WATER QUALITY IN A LAKE[1]

Pu Peimin[1] Hu Weiping[1] Pang Yong[1] Wei Yangchun[1] Liu Xuefen[1]
Zhang Jingyi[1] Yan Jingsong[1] Li Wenchao[1] Sven Eric Jφrgensen[1,2]

(1: *Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing* 210008;
2: *Institute of Environmental Chemestry, Denmarks Farmaceutiske Hojskol*)

Abstract

Water quality was very good in many middle-large scale lakes and urben lakes in China before 1970s. These lakes were selected as the raw water sources for advanced treatment of drinking water and/or recreation lakes. But the eutrophication process developed rapidly and the water quality in more and more lakes is lower than the standard for drinking and recreation recently. Purifying raw water quality in lakes is an urgent problem faced in many regions for sustainable development. Some Physico-Ecological Engineering(PEE) experiments in Taihu Lake have been doing since 1991. The research results were summarized partly in this paper, including the principles for purifying water quality, the construction of the model engineering, the growth laws of some species of floating plants, the roles and effects of snail (*Bellamya aeruginosa*)in purifying water quality, and the efficiency of PEE. The experiment took place in the hypertrophic bay of Taihu Lake—Wulihu Lake, in the intake area of Wuxi Zhongqiao Drinking Water Supply Plant (ZDWSP), with an experiment area of 2200m^2 and depth of about 1.6m. The static and dynamic pumping experiments have been doing since August 1994. The PEE may effectively remove algae and purify water quality. The mean reducing rates of PEE for turbidity, NH_4^+—N, NO_2^+—N, and colour are 82%, 69%, 69%, 46% respectively during August 1994—June 1995.

Key Words Lake water quality, purifying raw water quality, Physico-Ecological Engineering, Taihu Lake

[1] This is a China—Denmark Cooperation Program supported by The State Committee of Science & Technology, China and The Division of Science & Technology, Commission of European Union under the Fixed Contribution Contract No. CII—CT93—0094(DG 12 HSMU).

[2] Other participants in the Experiment: Yuan Jinxiu, Zhang Wenhua, Chen Kainin, Zhang Shengzhao, et al. from Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, and Soren Nors Nielsen and Jorgen Salomonsen from Institute of A (Environmental Chemmestry), Denmarks Farmaceutiske Hojskol.