

171-180

改善太湖马山水厂水源区水质
的物理-生态工程实验研究濮培民等实验小组^①

TU 991.21

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京210008)

提要 以太湖无锡市马山水厂水源区的实验工程为例, 论述了改善湖泊饮用水源水质的物理-生态工程的原理和效益。工程原则上能适用于不同的水深、水质、底泥和风浪条件。在两年实验中, 工程技术和管理不断改进完善, 经受住了多次大风浪考验。工程能有效地削减进入自来水厂水源的藻类, 除藻率平均达59—78%以上。工程对 TN、TP、NH₄⁺-N、BOD₅、COD_{Mn} 浊度的降低率分别为24—45%、2—24%、5—70%、9—61%、10—25%和9—40%。采用特殊技术后风眼莲可在有大风浪的大水面生长, 其夏季生产力507g/(m²·d), 净化水质和抑制藻类生长作用显著。可降低处理自来水的氯耗量, 并使外湖藻害基本上不成为用水高峰时增加产水量的限制因素, 从而以更好更多的自来水满足日益增长的用水需要。

关键词 除藻技术 水质净化, 生态工程 太湖, 饮用

随着人口增加和经济发展, 湖泊富营养化日益扩大与加剧, 已成为各国普遍面临的严重问题。我国有大量湖泊(水库), 甚至一些大型浅水湖泊, 其富营养化发展进程极为迅速, 如巢湖、滇池、太湖等, 近几年来都有大量水华暴发。由此引起的自来水水量、水质下降事件时有发生。如1990年夏, 太湖梅梁湾藻类大暴发, 导致滤池阻塞, 无锡市自来水供水锐减, 水质陡降, 影响居民用水并使116家工厂停产或半停产, 直接经济损失达1.3亿元^②, 因此, 除藻和改善饮用水源水质已成为迫切任务。为探索湖泊富营养化防治技术, 改善大型湖泊局部水域, 首先是饮用水源区的水质, 中国科学院南京地理与湖泊研究所在中国科学院、江苏省科委、无锡市建委、水利部太湖管理局和马山区政府、马山水厂支持下, 自1991初起在太湖马山水厂水源区开展了改善饮用水源水质的物理-生态工程(简称“除藻工程”)实验研究。经近两年实践, 该工程已取得明显效益并经受了多次大风浪考验。

一、工程设计原理及试验概况

1. 试验区自然条件

马山水厂位于无锡市马山区, 面向太湖梅梁湾围堤东侧(图1), 取水口距大堤30m, 这里

江苏省科委 BS90077 支持项目。

① 实验小组成员: 濮培民、颜京松、窦鸿身、胡维平、张圣照、周万平、陈开宁、张玉书等, 参加实验的还有张利民、庞勇、高光、魏阳春等。

② 无锡市建委锡建环(92)第3号文。

本文于1992年10月22日收到, 12月22日改回。

湖底平坦,海拔高程0.9m,硬质底泥上覆有10—20cm厚淤泥,多年平均水深2m,大堤走向为南北向,取水口距湖湾北岸4km,湖湾东西宽约8.5km,南偏东吹程最大约60km。对于这样的浅水湖,吹程在1km以上时,吹程对波高已无限制作用。故第I,IV象限风向大风都可造成本区大浪。不同风速下的平均波高,主要与风速及水深有关^①(表1)。

表1 平均波高与风速和水深的关系
Tab. 1 Relationship between the mean wave height and the wind speed and water depth

风速(m/s)	平均波高(m)		水深4m比2m时 波能增加(%)
	水深2m	水深4m	
10	1.00	1.31	72
15	1.69	2.15	62
18	2.08	2.77	77

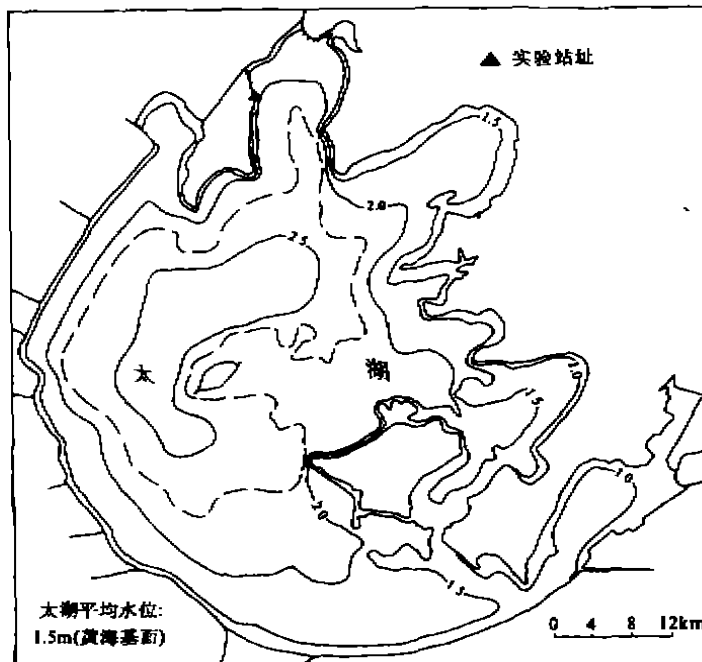


图1 太湖形态与实验站址

Fig. 1 Bathymetric map of Taihu Lake and location of the PEE experiment field

生动植物摄食藻类及与藻类竞争,降低取水口湖区中藻类现存量和生产量,(3)利用藻类及其他水生植物、动物资源,化害为利。

波浪作用于垂直陡壁或固定构件上的压力按下式计算^[1]:

$$P = 0.51h + 2.42h^2/\lambda$$

若以太湖中大浪的波长 $\lambda=12\text{m}$,波高 $h=2\text{m}$ 计算, $P=1.83\text{t/m}^2$,其破坏力是很大的。

太湖梅梁湾由于富营养化日趋严重,水华暴发频次与程度亦随之俱增。据1990年7—8月调查,梅园水厂取水口藻类浓度最高达 1.32×10^9 个/L,生物量高达109.2mg/L,铵氮达7.2mg/L。在马山水厂区,由于夏季盛行偏南、偏东风,故常有“水华”聚集,有时厚达30—50cm。

2. 工程设计原理

该工程的首要目标是尽量减少藻类进入水厂取水区,其次是减少源水中的氮、磷含量,特别是削减其高浓度峰值及其检出率。

除藻工程由物理和生态两大部分组成,其设计原理见图2。

物理工程的主要功能是:(1)阻隔藻类、其它悬浮物及高浓度水团进入取水口,削减它们在源水中的含量,(2)耐受大风浪袭击,(3)为生态工程创造必要条件。

生态工程的主要功能是:(1)利用包括藻类在内的水生植物吸收水中营养盐,(2)放养若干种水

① 濮培民等,太湖-琵琶湖中日合作研究科学讨论会论文摘要,1987。

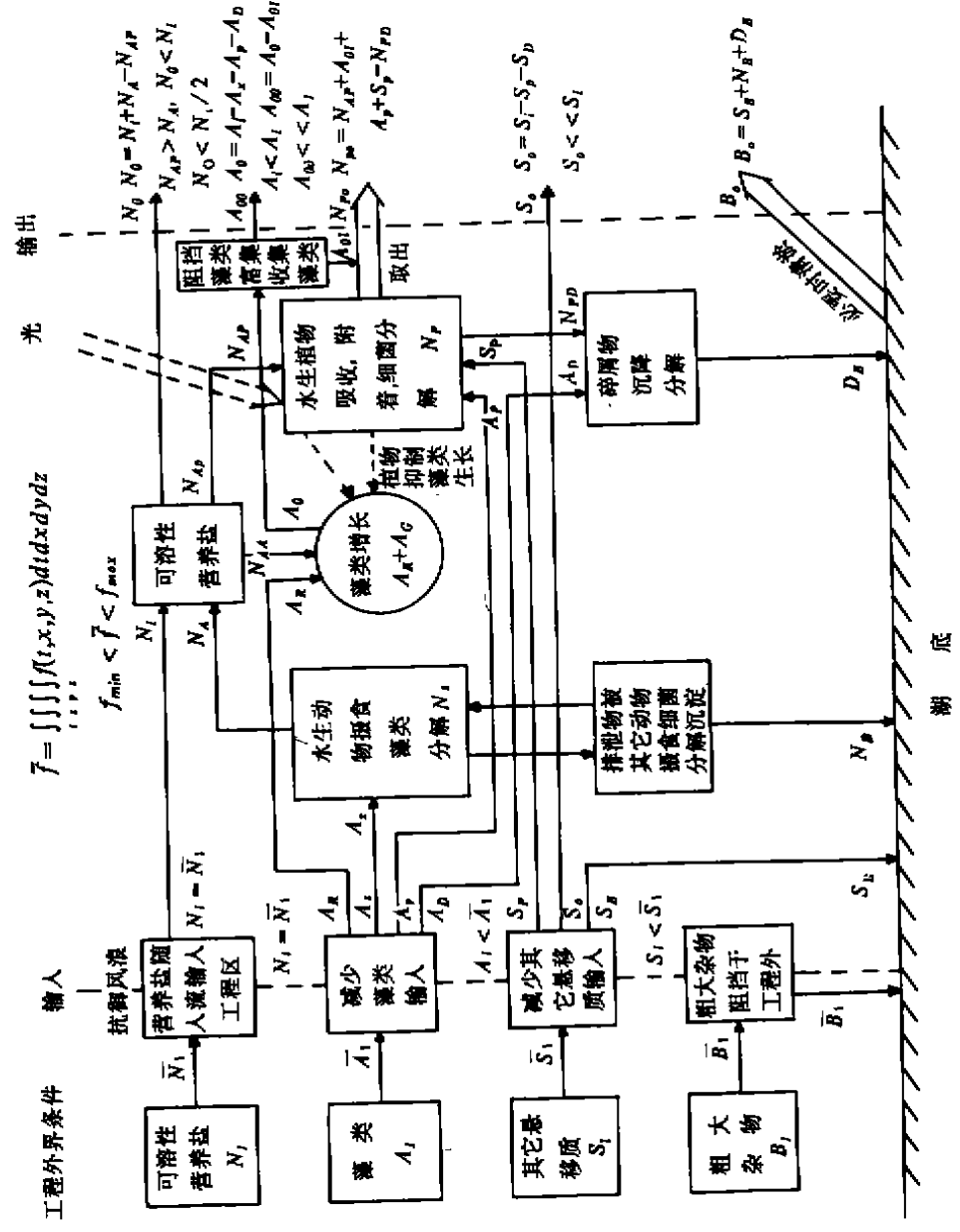


图2 改善湖泊饮用水源区水质物理-生态工程原理图

Fig. 2 Principles of the physico-ecological engineering (PEE) for improvement drinking water quality in a lake

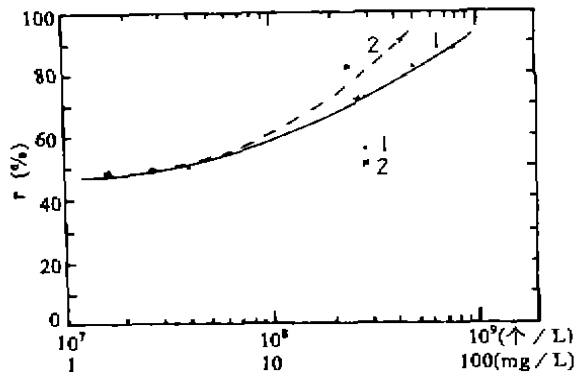


图3 不同蓝藻浓度时的工程除藻率 r ,
1—数量,2—生物量

Fig. 3 Reducing rate of PEE(r) for algae concentration versus blue algae concentration in lake outside the PEE; 1-cells, 2-biomass

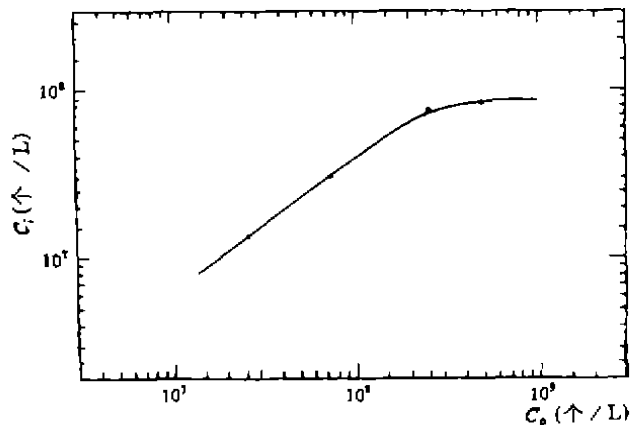


图4 工程内(C_i)外(C_o)蓝藻浓度的关系

Fig. 4 Relationship between the algae concentration inside (C_i) and outside (C_o) the PEE

3. 试验概况

实验工程第一期工程于1991年7月初基本完成,开始显示了其防浪拦藻效果。调查资料表明,对于波高小于50cm,波长小于4—5m的波浪,经过第一道消浪带波高可消减50%。在发生波高1.0—1.5m,波长大于5—6m的大浪时,经过两道消浪带后波高可消减30—50%。该工程阻挡水华作用也很明显。如1991年6月23—24日、27日和7月9日,该湖区水华大暴发,在挡藻带外聚集的水华厚度最大达1m左右。而水厂取水口附近湖内,藻类浓度远低于带外,自来水厂维持正常生产。

但当年太湖流域遇特大洪水,太湖水位超历史记录,比正常水位高一倍左右,又多次出现持续大风。如7月13—14日,平均风速有9—15m/s,瞬时风速达8—9级,水深4m,堤岸边波浪的波高平均达2.4m,最大达3.2m。大浪使堤顶(离水面1.5m)上 $85 \times 24 \times 30\text{cm}^3$,重90—100kg的煤灰砖多处掀翻,位移最大达1.5m。在持续大风浪作用下,工程遭受严重破坏。

从1991年8月起探索了能适应开敞湖面大风浪的除藻工程,并于11月在波浪水槽中做了室内试验。1992年2月在半包围取水口的网围区内投放了主食藻类的鱼及底栖动物,用以摄食部分藻类。5—6月间改建完成了能抗浪和拦阻藻类进入取水口的两层隔离

带和能在风浪中拦挡和保护风眼莲的设施,移植了风眼莲。这一实验工程已在减少进入水厂水源中的藻类,改善其水质方面显示出明显成效并经受了多次连续12—48小时、平均8—12m/s和2—3分钟、25m/s左右向岸大风浪和8月29—31日台风临近的大风浪考验。

二、除藻效率

1992年夏季,太湖梅梁湾水华频繁。由于这时盛行东南、南偏东风,常造成藻类在马山水

厂区的积聚。自6月中旬至9月底,本区明显出现水华的有30余次。但对于水厂管理来说,似乎今年太湖水华“不严重”,保持了主要用以杀菌消毒及增强 FeSO_4 的絮凝作用的稳定用氯量。在盛夏高温季节,不但没有因太湖多次藻类大暴发而减产,反而增加32.1%的超产量。工程除藻效果明显,COD、BOD及铵氮量明显下降,水质有了改善。

表2 1992年6月26日水下1.5m处的藻类浓度对比

Tab. 2 Algae concentration data, June 26, 1992, at depth of 1.5m

	工 程 内		工 程 外		除 藻 率(%)	
	数 量 (10^4 个/L)	生物量 (mg/L)	数 量 (10^4 个/L)	生物量 (mg/L)	按 数 量	按 生 物 量
蓝 藻	8975	4.4523	75815	37.8271	68.2	88.2
绿 藻	150	0.360	20	0.040		
硅藻	90	0.893	40	0.6405		
隐 藻	20	0.215	15	0.60		
合 计	9235	5.9203	75890	39.1176	87.8	84.9

表2是1992年6月26日的个例。除藻效果以蓝藻为显著,除藻率达82—88%。表3和图3上表明了工程外的敞水区不同浓度蓝藻时,工程的除藻率。由于7月5—6日引入风眼莲,带入部分藻类,7日的工程内浓度可能偏高,图3上未标出。由此可知,当工程外湖区藻类浓度超过 2.5×10^7 个/L 或 1.5mg/L 时,蓝藻去除率在47%以上,平均达68—79%,最大为88.2%。工程内外蓝藻浓度的关系见图4。由图可知,只要管理好,工程内的蓝藻可控制在 10^8 个/L 以内。工程内外表层水体藻类浓度的差异更大。有时工程外藻类密集成数厘米厚,而工程核心圈内只有在远离取水口的边缘有少许水华。工程设计上采取措施,使内部藻类较容易上浮并集中于下风方向小区内。这可提高除藻率并结合进行藻类收集利用试验。工程两圈之间的藻类与工程外相比,较新鲜,无杂物,只要解决富集收集和阻拦其进入核心圈问题,它们的存在是有益于降低水溶营养盐的。与放养风眼莲相比,具有不担风险和易于管理的优点。

工程内的环境可降低藻类生产量。据7月16—17日测定,藻类生产量在工程核心圈内为 $5.02 \text{gO}_2/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,比该湖区外对照点 $36.17 \text{gO}_2/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 削减了86.1%。

表3 工程内外蓝藻浓度与个体差异及除藻率

Tab. 3 Differences of blue algae concentration and mean weight of cells inside and outside of the PEE and the reducing rate of the PEE for blue algae

日 期	深 度 (m)	工程内浓度		工程外浓度		除藻率(%)		细胞平均重量 (10^{-8}mg)	
		数 量 (10^4 个/L)	生物量 (mg/L)	数 量 (10^4 个/L)	生物量 (mg/L)	按数量	按生 物量	工程内	工程外
1992	1.5*	8430	4.2185	47575	22.9065	62.3	61.6	5.00	4.81
		8975	4.4523	75815	37.8271	68.2	88.2	4.96	4.99
7月7日		13670	7.1818	47440	23.2820	71.2	69.1	5.25	4.91
7月15日		7555	7.3125	26375	25.3225	71.4	71.1	9.68	9.60
8月19日		3020	1.9708	6728	3.9266	55.1	49.8	6.53	5.84
9月27日		1332	0.8370	2631	1.6440	49.4	49.1	6.28	6.25
平均		7164	4.3284	34427	19.1515	(69.6)	(68.2)	4.283	6.067
						79.2**	77.4		
最小		1332	0.8370	2631	1.6440	49.4	49.1	4.96	4.81
最大		13670	7.3125	75815	37.8271	68.2	88.2	9.68	9.60

* 取样深度,未注明处为表层0.5m,下同。

** 按工程内外浓度平均值计算,括号内为按除藻率平均值算。

表4 工程内外叶绿素 a 浓度差异

单位:mg/m³

Tab. 4 Difference of the chlorophyll-a inside and outside of the PEE

月.日	5.16	7.15	7.15	7.18	7.22	8.6	8.7	8.8	8.10	8.10	8.11	8.11	8.15	8.16	8.19	平均
深度(m)			1.5							1.5	1.5	1.5		1.5		
工程内	16.36	19.00	15.88	11.71	15.66	19.65	9.88	11.41	19.47	14.59	7.42	7.62	4.75	10.99	7.89	12.82
工程外	22.09	27.20	27.80	14.64	26.97	35.87	12.97	13.35	115.6	38.48	9.80	58.45	6.63	13.37	29.29	30.16
去除率(%)	25.9	31.4	42.9	20.0	41.9	45.2	23.8	14.5	83.2	62.1	23.8	87.0	28.3	17.7	73.1	(41.4)
																57.5

值得注意的是,工程内取水口水域中的藻类组成与工程外敞水区略有差别,其平均细胞重在工程内平均为 6.283×10^{-8} mg,略大于工程外的平均值 6.067×10^{-8} mg(表3)。若以全部藻类平均个体重而言,则工程内外分别 13.12×10^{-8} 和 10.30×10^{-8} mg。其原因值得进一步探讨。

这样,按生物量计算的除藻率较按个数计算的要小些。监测数据表明,蓝藻去除率平均分别为68%和70%;藻类总生物量和总数去除率平均值分别为59%和69%。若按工程内外实验期间采样获得的平均浓度计算,则蓝藻平均去除率为77%和79%,藻类平均总去除率为66%和78%。

表4为工程内外叶绿素 a 的监测结果。平均去除率为58%。可能由于通常工程外由外处积聚来的藻类中死亡的较工程内多,故叶绿素 a 去除率常比藻类镜检值去除率低。

三、改善水质

除藻工程有消浪作用,阻隔了湖流,其内部动力条件相对敞水区为平静。因此,有利于提高泥沙的沉降和蓝藻在白天上浮。这不但便于除藻,而且可降低水体内的混浊度。1992年(表5)对浊度的降低值为3-9ppm,其降低率为9-40%。

本工程对外界水体有阻挡和导流作用,促使外界水体加强水平和垂直交换。进入工程隔离带的水来自四面八方,不让从某一方向来的重污染水直接进入取水口,从而对外界水质变化起缓冲作用(参见图1)。进入工程后的水又经过物理、生物、化学等降 N、P 综合作用,因此,工程不仅能削减高浓度峰值,降低高浓度值检出率,而且能降低营养盐平均浓度,改善水质的水化学指标。

表5 工程内外浊度差异

单位:ppm

Tab. 5 Difference of turbidity inside and outside of the PEE

月.日	7.15	7.26	7.27	7.29	7.30	8.2
工程内	16	29	18	24	20	6
工程外	21	32	21	33	26	10
降低值	5	3	3	9	6	4
降低率(%)	23.8	9.4	14.3	24.2	23.8	40.0

从表6上的监测资料可知,工程核心圈内取水口水域中的总氮、总磷和铵氮浓度与工程外相比,均有所下降,平均分别下降36%,12%和33%,最大下降率达70%。

工程对 BOD, COD 水质污染指标也有降解作用。BOD 可去除 9—61%, COD 一般可去除 10—25% (表 7)。工程对 BOD 的降解作用优于 COD。

表 6 工程内外 N, P 浓度差异

Tab. 6 Difference of concentration of N, P inside and outside of the PEE

1992年 月、日	深度 (m)	TN(mg/L)			TP(mg/L)			NH ₄ ⁺ -N(mg/L)		
		内	外	r(%)	内	外	r(%)	内	外	r(%)
7.12								1.7	2.0	15.0
	1.5							1.6	1.7	5.9
7.16	1.5							0.6	2.0N	70.0
									1.0S	40.0
7.17	1.5							2.4	4.0N	40.0
									3.6S	33.3
7.19		2.58	3.47	25.4	0.096	0.106	9.4	1.01	1.21	16.5
8.7								0.10	0.20	50.0
8.10								0.10	0.20	50.0
	1.5							0.05	0.10	50.0
8.15								0.60	0.63	4.8
	1.5							0.57	0.65	12.3
8.19		0.80	1.25	36.0	0.113	0.116	2.6	0.28	0.49	42.9
	1.5	0.82	1.50	45.4	0.081	0.107	24.3			
平均		1.40	2.07	35.6	0.097	0.110	12.1	0.82	1.37	33.1
σ_n		0.83	0.99	8.2	0.013	0.005	9.1	0.74	1.21	19.6
σ_{n-1}		1.02	1.22	10.0	0.016	0.006	11.1	0.77	1.26	20.4
最小		0.80	1.25	25.4	0.081	0.106	2.6	0.05	0.10	4.8
最大		2.58	3.47	45.4	0.113	0.116	24.3	2.4	4.0	70.0

表 7 工程内外 BOD₅, COD_{Mn} 的差异Tab. 7 Difference of BOD₅, COD_{Mn} inside and outside of the PEE

1992年月、日		4.16	5.16	6.19	7.18	8.19	8.19*
BOD ₅ (mgO ₂ /L)	工程内			5.71	1.60	1.45	1.40
	工程外			8.37	1.75	3.76	2.85
	去除率(%)			31.8	8.6	61.4	50.9
COD _{Mn} (mgO ₂ /L)	工程内	6.32	3.08	8.52	7.44	4.04	3.72
	工程外	7.00	3.44	9.69	6.75	5.41	4.18
	去除率(%)	9.7	10.5	12.1	-10.2	25.3	11.0

* 取样深度为 1.5m, 其他为表层 0.5m。

工程内藻类生产量较低, 水质改善, 与放养摄藻生物和种植风眼莲亦有关。由于采用了特殊技术, 可使风眼莲能经受大水面大风浪的多次袭击, 维持生长, 7、8月间平均生产力 507g/(m²·d), 对水质可起净化作用并抑制藻类生长。

四、工程效益

除了用上述直接监测工程除藻率和改善水质水化学指标外,工程效益还反映在水厂生产中降低液氯用量和日产水量的情况。在水处理中,除了杀菌消毒和增加絮凝作用需加氯外,还常用液氯杀藻。然后用气浮法使藻类上浮或加黄泥以加速它沉淀,减少藻类进入滤池的量,防止滤池受堵,并减少滤池反冲洗频率。当藻类浓度变大,为了杀藻就要加大氯耗量。另为了调整大量加氯后对水的 pH 值的影响,有时还要加适量石灰。因此,氯耗量多少及其波动情况可反映进入水厂藻类情况。在湖泊饮用水源区建设除藻工程后,不但可降低平均氯耗量,而且可减少氯耗量的逐日变化(逐日氯耗量均方差)。表8上列出以太湖为饮用水源的各自来水厂的氯耗月均值 \bar{X} 、逐日最小值 X_{\min} 和最大值 X_{\max} 及均方差 σ_n (mg/L) 以及用水高峰前(6月1日—7月13日, Q_1) 后(7月14日—8月25日, Q_2) 的平均日产水量(10^4 t/d)。

表8 太湖饮用水源各水厂的氯耗月均值 \bar{X} 、逐日最小值 X_{\min} 、最大值 X_{\max} 、均方差 σ_n 及平均日产水量 Q 单位:mg/L, 10^4 t

Tab. 8 The monthly mean of chlorine expenditure and water supplement value (Q) of the water supply plants using the source water from Taihu Lake

1992年	6月				7月				8月				6-8月		6.1-7.13	7.14-8.25	$\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}$ (%)
	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	σ_n	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	σ_n	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	σ_n	\bar{X}	σ_n	Q_1 (10^4 t)	Q_2 (10^4 t)	
马山	2.45	1.03	3.00	0.458	3.17	2.47	4.55	0.543	3.63	3.28	4.20	0.215	3.08	0.41	1.859	2.456	32.1
MY*	8.00	4.00	10.00	1.967	7.06	6.00	10.00	1.014	6.92	5.50	10.10	1.576	7.33	1.52	16.36	16.15	-1.3
ZC**	3.36	2.20	5.30	0.610	6.57	2.60	13.80	2.925	6.31	3.80	8.80	1.276	5.41	1.67	17.02	14.83	-12.9
CS	3.74	2.89	4.61	0.411	9.75	6.13	23.00	3.492	6.57	3.06	12.73	2.391	7.35	2.10	1.516	1.530	0.9

* 取水口有除藻试验工程,厂内采用加黄泥、石灰除藻措施。

** 厂内采用加黄泥除藻措施。

从表8可看出,位于夏季盛行偏东风下风方向的本工程实验区所在马山水厂的氯耗最小,其变化也最小。该厂所用液氯主要是为杀菌消毒和增加 FeSO_4 的絮凝作用,主要并非用于杀藻,其他三个水厂也是以太湖为水源,6—8月平均氯耗分别依次为马山水厂的2.38、1.76和2.39倍,即多用氯耗依次分别为4.25、2.33和4.27mg/L。按这三个厂的平均日产水量 Q_1 (表8) 计算,若能把它们的氯耗降到马山水厂的水平,则在6—9月120天内共可节约液氯约139t,计20.8万元。

马山水厂逐日氯耗变化甚小,6—8月均方差仅为0.41mg/L。其他三个厂的相应量分别是马山水厂的3.71、4.30和5.12倍。可见马山除藻工程是高效的,它使厂内水处理过程可基本不受外湖藻类聚集的影响。而其他水厂则要以大于马山水厂4—5倍的幅度调整其逐日氯耗。

马山水厂不仅节约了液氯,而且在7月中旬到9月中旬用水高峰期平均日增产水量比前期多32.1%,最大达47.9%,二个月增产产值14.8万元。若上述四个水厂均能在用水高峰期

增产32.1%($1.2 \times 10^5 \text{t/d}$),则二个月共可增产 $7.30 \times 10^6 \text{t}$ 自来水,折合产值292万元。与1990年无锡市因藻类为害,一度日均减产 $5 \times 10^5 \text{t}$ 造成1.3亿元直接经济损失相比较,增产水质改善的 $7.30 \times 10^6 \text{t}$ 自来水,它所能产生的经济效益是可以想见的。当然,由于各个水厂的具体情况不同,上述推论只能从定性意义上来理解。从全国来看,据统计^①因供水不足造成的年经济损失达200亿元,因水污染造成的年经济损失高达400亿元。城市饮用水源的污染和短缺已成为制约我国国民经济发展的的重要因素。可见本除藻工程的推广应用和进一步提高,它所可能产生的社会、经济和生态效益的潜力是很大的。

五、结 语

人类活动加剧了湖泊富营养化的进程。据“七五”攻关调查结果,我国多数湖泊基本都具备了发生富营养化的条件,其中50%的湖泊TP、TN已达超营养化程度。水华暴发已相当普遍。治藻已成为迫切任务,也是当前各国有关科学家所关心的热点问题之一。以除藻为主要目的改善无锡市马山水厂水源水质的物理-生态工程经近两年试验,不断改进,特别是克服了大风浪带来的困难,取得了成功。其主要特点是:

(1)原则上工程能用于不同的水深、水质、底泥和风浪条件。只要考虑不同保证率要求,根据具体条件做好精心设计、施工、管理,可以在一般湖泊(水库)中应用。当然由于各地自然条件的复杂性,在应用时需要根据具体条件作必要的调整与改进。

(2)工程除藻率当蓝藻浓度超过 2.5×10^7 个/L或 1.5mg/L 时在49%以上;对蓝藻清除率平均为68—79%;对藻类总量除藻率平均为59—78%。

(3)工程有降低总氮、总磷、铵氮、BOD、COD和浊度功能,可削减其高浓度峰值及其检测率,相应的降低率分别为25—45%,2—24%,5—70%,9—61%,10—25%,9—40%。

(4)实验表明,即使在有大风浪袭击的敞水大湖面,采用特殊技术措施后风眼莲可维持生长,7、8月间平均生产力 $507 \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,可对水质起净化作用并抑制藻类生长。

(5)工程实施并加强管理后,可基本实现水厂内水处理过程不受外湖藻类聚集的影响,降低氯耗并使外湖藻害基本上不成为用水高峰时增加产水量的限制因素,从而以优质、高产的水量满足日益增长的用水需要。

试验仍在进行,若干技术和管理方法尚需进一步改进和完善,以接受更长时间考验和对付可能发生的更复杂的不利条件,并在此基础上更加提高改善水质效果,扩大生态环境、经济和社会效益。已小试成功的除藻设施可安装在进水分配池内,不怕风浪,与外湖工程配合可大大提高除藻、改善水质效果,并可富集、收集藻类,加强综合利用,增进经济效益。为配合马山水厂扩建、增加供水量的需要,将在现有实践经验基础上扩建和完善除藻工程,并从机理方面进一步深入研究与理论总结,为因地因类制宜地科学设计增添必要的参数及科学原理依据。

① “八五”国家科技攻关计划85-908-02课题可行性研究报告。

参 考 文 献

- [1] Шупейкин, Физика моря, изд. наука, М. 1956, 228-229.
 [2] Miura, T. Ed., East Lake-A Phytoplankton Rous Fishes Dominated Lake Ecosystem, Kyoto University, 1989.
 [3] 孙文浩等, 凤眼莲无茵苗培养及其克藻效应. 植物生理学报, 1990, 16-21.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE PHYSIO-ECOLOGICAL ENGINEERING FOR IMPROVING TAIHU LAKE WATER QUALITY IN WATER SOURCE AREA OF MASHAN DRINKING WATER PLANT^①

Pu Peimin and the others^②

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Academia Sinica, Nanjing 210008)

Abstract

The principles and benefits of the physic-ecological engineering (PEE) for improving drinking water quality in a lake are dealt with a sample experimental engineering in water source area of Mashan Drinking Water Plant of Wuxi City in Taihu Lake. The PEE may be used in principle for different conditions of depth, water quality, bottom sediment and wind wave.

The PEE has its main objects of reducing algae concentration and improving the hydrochemical indices of water quality in enclosed intake area of a water supply plant, including two parts of physical and ecological engineering. During the experiment of two years, the technology and management of the PEE have been much improved and experienced many time of storms and strong wind waves.

The PEE may effectively reduce the algae concentration and improve the water quality. The mean rate of reducing algae concentration is more than 59-78%; the rates of reducing of turbidity and concentrations of TN, TP, NH₄⁺-N, BOD₅ and COD_{Mn} are 9-40%, 24-45%, 2-24%, 5-70%, 9-61%, and 10-25% respectively. Using a special technology, the *Eichhoma irassipes solms* may maintain its growth under strong wave condition on the open lake surface, and its productivity in summer accounts 507 g/(m²·d), which lead to purifying the water and restrain the algae growth.

The PEE may reduce the chlorine expenditure and increase the drinking water output without the limitation caused by water bloom in lake.

Key words Technology of reducing algae, purification of water quality, ecological engineering, Taihu Lake

① This research project is supported by the committee of Science and Technology, Jiangsu Province with contract of BS90077.

② Members of the Experiment Group: Pu peimin, Yan Jingsong, Du Hongshen, Hu Weipin, Zang Shengzao, Zhou Wanpin, Chen Keinin, Zhang Yushu, et al.