

太湖梅梁湾藻类及相关环境因子逐步回归统计 和蓝藻水华的初步预测

陈宇炜 秦伯强 高锡云

(中国科学院南京地理与湖泊研究所太湖湖泊生态系统研究站, 南京 210008)

提 要 以太湖梅梁湾 1992 - 1999 年的连续监测资料为基础, 运用多元逐步回归统计方法, 选择水温等 15 项环境理化因素与藻类叶绿素 a、藻类总生物量和微囊藻生物量等 3 项生物因素进行逐步回归分析, 找出与生物因素显著相关的环境因子, 建立多元逐步回归方程, 预测梅梁湾藻类生物量的变化情况, 初步进行了梅梁湾蓝藻水华的预测预报。结果显示, 水温和总磷为梅梁湾藻类总生物量的显著相关因子, 水温、硝态氮和总氮为微囊藻生物量的显著相关因子。

关键词 太湖 多元逐步回归 微囊藻 预测

分类号 Q949.2 X172

太湖近年来的水体富营养化加剧引起了多方面的重视, 大量针对性的研究已从不同的角度探讨了其富营养化的形成机制^[1-3]。梅梁湾作为太湖北部的一个较大海湾, 是无锡市著名的风景旅游区和水源地。随着其周围地区的经济发展, 无锡、宜兴、常州武进等地的工农业及生活污水不断排入湾内, 使水质受到严重污染, 水体富营养化以蓝藻的大量繁殖而引起水华暴发为主要表象, 严重影响周围地区的供水, 破坏水体景观, 从而制约周围地区的经济发展^[3,4]。国内外对湖泊藻类的预测预报已提出了多种预测模型, 较有名的 PACGAP 类型即藻类种群生长和生产力的预测模型和 PROTECH-2 类型即浮游植物与环境因子关系模型, 然而至今尚无适合于太湖这样的大型浅水湖泊的蓝藻预测模型^[5-7]。

本文利用中国科学院太湖湖泊生态系统研究站的长期监测资料, 通过逐步回归的统计方法进行藻类生物量及相关因子的分析, 并在此基础上建立太湖藻类生物量的预测预报模型。这是在大型浅水湖泊的蓝藻水华的预测预报方面的一种初步尝试。

1 研究方法

1.1 数据来源

1.1.1 采样点布设 如图 1, 沿太湖梅梁湾自北向南设 9 个采样点, 其中 0# 位于梁溪河, 1、6# 位于阊江河, 2# 和 5# 位于湾口, 7#、8# 在西太湖中部^[2]。

1.1.2 分析项目 自 1992 年至 1999 年每月中旬采样一次, 环境因子测定及分析包括: 水深(D)、水温(WT)、塞氏透明度(SD)、悬浮质(SS)、pH(pH)、电导率(Cond.)、化学耗氧量(COD)、溶解氧(DO)、氨氮(NH₄)、硝氮(NO₂)、亚硝氮(NO₃)、总氮(TN)、磷酸根(PO₄)、总磷

• 中国科学院创新项目(KZCX2-403)、院“九五”重大项目(KZ951-B1-205-02)、院重点项目(KZ952-S1-220、KZ952-S1-212)和南京地理与湖泊研究所所长基金联合资助。

收稿日期: 2000-11-20. 陈宇炜, 男, 1969年生, 助理研究员。

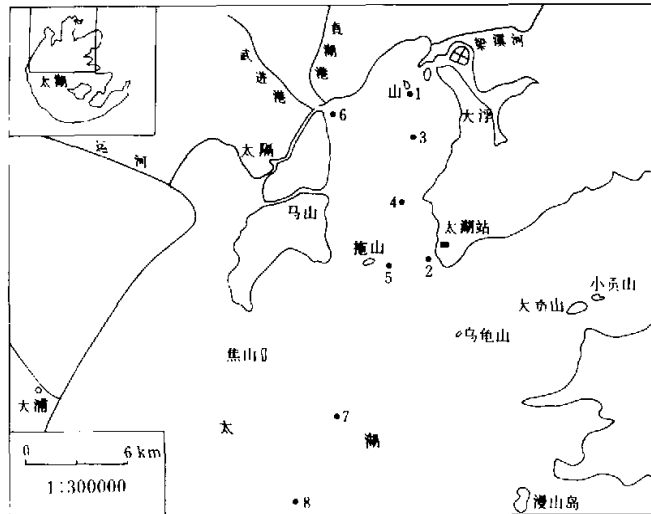


图1 太湖采样点布设图

Fig.1 Sampling points in Lake Taihu

(TP)和碱度(ALK)等 15 项,生物因子分析包括:藻类叶绿素 a(Chla),藻类总生物量(TB)和蓝藻水华优势种类微囊藻的生物量(MB)等 3 项,各项的分析均采用标准方法^[8,9].

1.1.3 数据结构 各采样点的资料在 Microsoft Excel 软件中以时间序列组成理化因子和生物因子数据,并转化为文本格式的数据集.经刘元波等研究表明,梅梁湾内 1#、2#、3#、4#、5# 点有相似性^[10],因此将这五个采样点的资料进行算术平均,得到梅梁湾平均值数组,另外,将平均值数组用自然对数法进行标准化($\ln(X+1)$),得到湾平均值对数数组.

1.2 统计分析

1.2.1 统计程序 本文选用了《环境数理统计学应用及程序》一书中的多元逐步回归统计 FORTRAN 程序^[11],根据数据组的结构进行适当修改,作为运行程序,计算统计量 F 值,并根据 F 值逐步筛选各相关因子,最后得到多元逐步回归方程和复相关系数等.

1.2.2 预测方程的建立

1.2.2.1 以所有 15 项理化因子为自变量,以藻类叶绿素 a 为因变量,将各数组输入计算机,运行上述程序,选择临界值 95% 的显著水平($FC = FJ = 3.0$)筛选自变量,得到各采样点及湾平均值的与 Chla 关系最接近的环境因子,进而得出回归方程和复相关系数等.

1.2.2.2 以 11 项与藻类生物量预测有关的环境因子(上述 15 项中剔除 Cond., pH, DO, COI 等 4 项)为自变量,分别以藻类总生物量和微囊藻生物量为因变量,重复运行上述程序,得到梅梁湾藻类总生物量和微囊藻生物量的逐步回归预测方程和复相关系数等.

1.2.2.3 以上述 11 项环境因子的标准化值($\ln(X+1)$)为自变量,以藻类总生物量和微囊藻生物量的标准化值为因变量,重复运行上述程序,得到梅梁湾藻类总生物量和微囊藻生物量标准化值的逐步回归预测方程和复相关系数等.

1.3 预测方程的检验

将有关环境因子的实测值代入预测方程,计算相关系数和检验相关的显著性,比较藻类总生物量和微囊藻生物量预测值与实测值的差异。

2 结果和讨论

2.1 太湖梅梁湾环境因子对藻类生物量的影响

本研究中涉及的 15 个环境因子对藻类的生长有着间接或直接的影响作用。例如,水深的变化会引起水体的营养盐浓度变化,水温常常对藻类生长有限制作用,塞氏透明度和悬浮质的变化会导致水下辐射的变化进而影响藻类的生长,pH 值、电导率、化学耗氧量和溶解氧反映了水质的综合状况,氮、磷营养盐通常是限制藻类生长的重要因素,碱度与水体中碳的含量密切相关^[8,9]。表 1 反映了梅梁湾一些理化因子和藻类生物量的线性相关关系。

表 1 太湖梅梁湾一些理化因子与藻类生物量的线性相关矩阵

Tab.1 Correlation between algal biomass and some physical-chemical factors in Meiliang Bay

项目	WT	SD	SS	pH	COD	TN	TP	Chla	总生物量	蓝藻	硅藻	微囊藻
WT	1.00											
SD	-0.07	1.00										
SS	-0.04	-0.77	1.00									
pH	0.69	-0.04	0.02	1.00								
COD	0.24	-0.30	0.28	0.42	1.00							
TN	-0.46	-0.15	0.30	-0.43	0.12	1.00						
TP	-0.14	-0.26	0.48	0.03	0.32	0.46	1.00					
Chla	0.49	-0.32	0.29	0.64	0.49	-0.05	0.31	1.00				
总生物量	0.42	-0.29	0.24	0.50	0.61	-0.05	0.13	0.59	1.00			
蓝藻	0.38	-0.27	0.21	0.45	0.59	-0.10	0.07	0.48	0.95	1.00		
硅藻	0.37	-0.18	0.09	0.49	0.47	-0.18	0.01	0.56	0.82	0.77	1.00	
微囊藻	0.37	-0.26	0.21	0.44	0.59	-0.09	0.06	0.42	0.93	0.99	0.74	1.00

* 表中黑框表示显著相关($P < 0.01$)。

图 2 是太湖梅梁湾水体悬浮质平均值与透明度平均值的关系曲线。可以看到,梅梁湾湖区水体透明度较低,其主要原因是水体的悬浮质较高。二者有良好的相关关系,回归方程为: $SD = 3.28 \times SS^{-0.56}$ ($R^2 = 0.84$, $n = 0.94$, $P < 0.01$)。Dokulil 在中欧的一个较大的浅水湖泊诺埃得勒湖(Neusiedlersee)发现了类似的现象($SD = 2.095 \times SS^{-0.6121}$, $R = -0.64$, $n = 87$)^[12]。由于太湖是一个大型浅水湖泊,开阔的湖面常年有较强的风浪,从而使湖底沉积物很容易再悬浮进入水体。水体的悬浮质和透明度是影响水下光照强度的主要因素,太湖梅梁湾较低的透明度导致水下光照不足,进而可能影响藻类的生长和种群的演替。

水温是又一影响藻类生长的环境因子。有研究表明,太湖梅梁湾的浮游藻类与水温的关系密切^[10],尤其是蓝藻水华的优势种类微囊藻生物量在一定的水温范围内与之有线性相关关系^[4]。梅梁湾中水温与藻类叶绿素 a 有较显著的线性相关关系($R = 0.49$, $n = 116$, $P <$

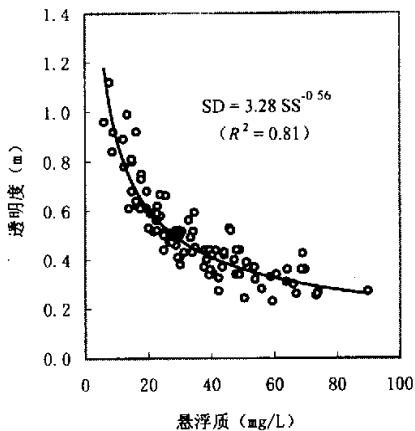


图2 太湖梅梁湾水体悬浮质平均值与透明度平均值的关系曲线

Fig. 2 Regression curve of Secchi-depth(SD) versus suspend solid (SS) in Meiliang Bay

0.01),而与藻类总生物量、蓝藻生物量、硅藻生物量和微囊藻生物量均有一定的线性关系(R 分别为0.42、0.38、0.37和0.37)(表1)。图3是梅梁湾月平均水温与藻类总生物量平均值的中长期变化曲线。梅梁湾的水温有明显的四季变化,每年的夏季是高峰,平均水温可达 30°C ,而冬季是低谷,平均值甚至低于 2°C 。与之对应的是藻类总生物量每年通常有一个夏季高峰和一个冬季低谷。水温的四季变化对藻类的种群演替有重要的影响作用,有室内实验研究发现太湖梅梁湾微囊藻的生长与水温在 $15-35^{\circ}\text{C}$ 范围内呈线性相关关系^[4]。

营养盐对藻类生长的影响作用一直受到湖泊学研究者的关注,大量的研究结果揭示了湖泊中氮、磷等营养盐对藻类生长的限制作用^[13-15]。太湖梅梁湾近年来由于周围地区营养盐的过量输入,氮、磷含量已处于很高的浓度(总氮年均值 2.75mg/L ,总磷年均值 0.15mg/L),氮、磷与藻类叶绿素 a 和总生物

量以及各门类生物量均无显著的线性相关关系(表1),说明氮、磷浓度的变化对梅梁湾藻类的生长没有直接的影响。

2.2 太湖梅梁湾藻类叶绿素 a 与环境因子的逐步回归统计

在特定的水体中,环境因子对藻类的影响作用各不相同,多元逐步回归统计可以筛选出相对重要的影响因子。表2是太湖梅梁湾藻类叶绿素 a 与环境因子的逐步回归统计结果。

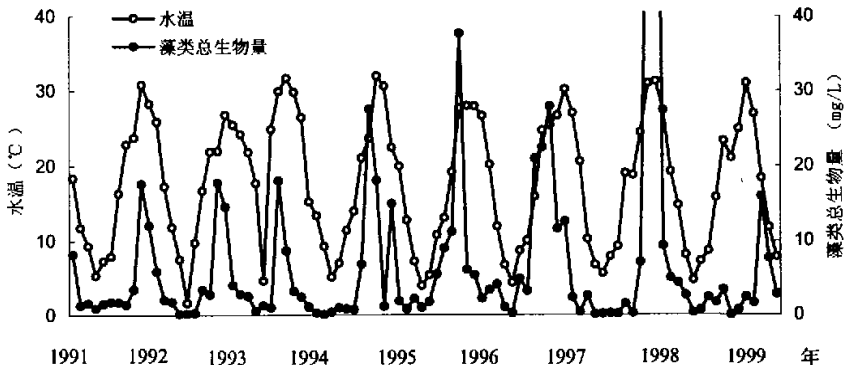


图3 梅梁湾月平均水温与藻类总生物量平均值的中长期变化曲线

Fig. 3 Long-term variation of monthly water temperature and algal biomass in Meiliang Bay

表 2 太湖梅梁湾藻类叶绿素 a 与环境因子的逐步回归统计结果*

Tab. 2 Stepwise multiple regression between environmental factors & Chla in Meiliang Bay

点 号	入选变量及 F 值	逐步回归方程	复相关系数	综合 F 值
0 #	1 WT, $F = 65.4$	$Chla = 3.07 \times WT + 5.42 \times DO + 120.2 \times$	0.767	16.0
	2 DO, $F = 14.8$	$NO_2 + 97.6 \times TP - 55.4$		
	3 TP, $F = 13.3$			
	4 NO_2 , $F = 11.1$			
1 #	1 pH, $F = 27.3$	$Chla = 0.75 \times SS + 44.2 \times pH + 0.17 \times Cond$	0.689	12.7
	2 SS, $F = 11.7$	$+ 5.24 \times COD - 457.3 \times PO_4 - 445.8$		
	3 Cond, $F = 11.6$			
	4 COD, $F = 6.18$			
	5 PO_4 , $F = 4.8$			
2 #	1 pH, $F = 36.7$	$Chla = 20.3 \times pH + 0.08 \times Cond + 6.0 \times COD$	0.837	31.3
	2 COD, $F = 18.7$	$+ 78.6 \times PO_4 - 191.3$		
	3 Cond, $F = 9.6$			
	4 PO_4 , $F = 4.4$			
3 #	1 pH, $F = 44.1$	$Chla = 31.6 \times pH + 0.07 \times Cond + 6.84 \times$	0.81	32.5
	2 COD, $F = 27.1$	$COD - 11.5 \times D - 269.5$		
	3 Cond, $F = 4.1$			
	4 D, $F = 3.9$			
4 #	1 COD, $F = 24.6$	$Chla = 28.3 \times pH + 0.09 \times Cond + 7.96 \times$	0.801	44.4
	2 pH, $F = 21.9$	$COD - 282$		
	3 Cond, $F = 6.8$			
5 #	1 pH, $F = 37.7$	$Chla = 30.9 \times pH + 0.07 \times Cond + 6.64 \times$	0.837	25.0
	2 COD, $F = 18.8$	$COD + 7.66 \times NH_4 - 232.8$		
	3 Cond, $F = 3.5$			
	4 NH_4 , $F = 3.4$			
6 #	1 WT, $F = 51.8$	$Chla = 3.07 \times WT + 5.33 \times COD + 3.55 \times$	0.676	19.4
	2 COD, $F = 17.4$	$DO - 70.1$		
	3 DO, $F = 14.5$			
7 #	1 pH, $F = 72.6$	$Chla = 0.12 \times SS + 35.5 \times pH + 4.28 \times TN +$	0.748	22.6
	2 SS, $F = 8.8$	$53.9 \times TP - 298.3$		
	3 TP, $F = 6.1$			
	4 TN, $F = 4.6$			
8 #	1 pH, $F = 13.2$	$Chla = 11.1 \times pH + 0.03 \times Cond + 3.05 \times$	0.663	12.3
	2 COD, $F = 10.1$	$COD - 4.6 \times SD - 100.6$		
	3 Cond, $F = 5.5$			
	4 SD, $F = 3.6$			
湾平均	1 pH, $F = 24.1$	$Chla = 24.8 \times pH - 3.85 \times DO - 34.1 \times SD -$	0.696	21.0
	2 DO, $F = 8.8$	127.1		
	3 SD, $F = 6.1$			

* 环境因子:水深(D)、水温(WT)、塞氏透明度(SD)、悬浮质(SS)、pH(pH)、电导率(Cond)、化学耗氧量(COD)、溶解氧(DO)、氨态氮(NH₄)、硝态氮(NO₂)、亚硝态氮(NO₃)、总氮(TN)、磷酸根(PO₄)、总磷(TP)、碱度(ALK)

结果表明,各采样点筛选出的对藻类叶绿素 a 有显著影响的因子各不相同.0#点有 6 个因子入选,其中水温、溶解氧、亚硝态氧和总磷为正相关,透明度的磷酸根为负相关,其中水温、溶解氧和总磷的影响最显著.类似的是 6#点,水温、溶解氧和化学耗氧量都是正相关.0#和 6#点在梅梁湾的分布有共同的特点,即都位于排污河口,受外来水的变化影响较大.1#、2#、3#、4#、5#、8#点的结果较相似,pH、化学耗氧量和电导率影响较为显著,且均为正相关,反映了这 6 个点水域有一定的相似性,其中 1#点悬浮质和磷酸根、2#点的碱度和磷酸根、3#点的水深、5#点的水深、碱度和氨氮、8#点的透明度等因子的影响也较显著,说明这些点位所代表的水域又有各自的特点.7#点较为特别,pH、悬浮质、总磷和总氮影响最为显著.而梅梁湾内平均值逐步回归筛选出 pH、化学耗氧量和透明度为影响藻类叶绿素 a 的显著影响因子.

2.3 太湖梅梁湾藻类生物量和微囊藻生物量的逐步回归统计

以上回归统计结果是在假设所有环境因子与藻类叶绿素 a 的关系为线形关系的基础上进行的,尽管各点和湾平均值的逐步回归方程包含了所有的显著影响因素,且复相关系数(0.663-0.837)和 F 值(12.3-44.4)都说明其显著性较好,但由于藻类等光合作用能产氧而影响水体溶解氧的变化,pH、化学耗氧量、电导率和碱度受藻类生长的影响而变化,这 5 个环境因子可以说是以藻类为“因”而形成的“果”因素,因而难以用于预测藻类生长情况^[8].为尝试用逐步回归统计方法预测梅梁湾的藻类生物量的变化,尤其是预测蓝藻水华的主要种类微囊藻的生物量变化,将溶解氧、pH、化学耗氧量、电导率和碱度等因素删除,并且用藻类总生物量和微囊藻生物量分别代替藻类叶绿素 a 作为因变量,重新计算逐步回归方程,得表 3 和表 4.

表 3 太湖梅梁湾藻类总生物量(TB)与环境因子的逐步回归统计结果

点 号	入选变量	逐步回归方程	复相关系数	综合 F 值
0#	1 WT	TB = 0.17 × WT - 0.54 × NH ₄ + 32.6 ×	0.54	10.9
	2 NO ₂	NO ₂ - 348 × TP + 1.11		
	3 NH ₄			
1#	1 WT	TB = 1.05 × WT + 31.6 × TP - 14.0	0.53	16.0
	2 TP			
2#	1 WT	TB = 0.96 × WT + 67.5 × TP - 7.72 × D +	0.52	9.7
	2 TP	2.63		
	3 D			
5#	1 WT	TB = 0.8 × WT - 21.0 × SD + 2.31	0.4	6.5
	2 SD			
8#	1 TN	TB = 0.84 × TN - 0.59	0.24	4.1
湾平均	1 WT	TB = 0.97 × WT - 24.1 × SD + 6.0	0.49	13.2
	2 SD			
ln(X+1)	1 ln(WT+1)	ln(TB+1) = 1.16 × ln(WT+1) + 5.4 × ln	0.64	30.8
	2 ln(TP+1)	(TP+1) - 2.33		

从表 3 可以发现,梅梁湾藻类总生物量与水温的关系较密切,除 8 号点外,所有数组都以水温为最显著的影响因子,另外湾内几个采样点还以总磷为次要影响因子,同时氨氮、亚硝氮、透明度和水深也是入选因子.而湾外 8#点则只有总氮为入选因子,且相关性不显著($R = 0.24$).以上结果说明梅梁湾藻类总生物量受水温变化的影响最大,其次是总磷的影响.蔡启铭

等通过主成分统计分析也曾得出类似的结果^[2].而比较湾平均值与标准化的平均值的逐步回归结果可以发现,标准化后的逐步回归方程的复相关系数大,综合 F 值高,说明方程的计算结果与实测值较接近,预测可信度高.

表 4 太湖梅梁湾微囊藻生物量(MB)与环境因子的逐步回归统计结果

Tab. 4 Stepwise multiple regression between environmental factors & *Microcystis* biomass in Meiliang Bay

点号	入选变量	逐步回归方程	复相关系数	综合 F 值
0#	1 D	$MB = 1.53 \times D - 3.28$	0.29	7.5
1#	1 WT 2 PO4	$MB = 0.77 \times WT + 160.7 \times PO4 - 10.8$	0.47	11.7
2#	1 WT 2 SS 3 NO2	$MB = 0.64 \times WT + 0.15 \times SS - 66.9 \times NO2 - 11.3$	0.49	8.5
5#	1 WT 2 SD	$MB = 0.6 \times WT - 16.7 \times SD + 1.1$	0.35	4.7
8#	无			
湾平均	1 WT 2 SD	$MB = 0.6 \times WT - 18.9 \times SD + 3.35$	0.44	9.6
ln(X+1)	1 ln(WT+1) 2 ln(NO3+1) 3 ln(TN+1)	$\ln(MB+1) = 0.95 \times \ln(WT+1) \times 1.52 \times \ln(NO3+1) + 0.89 \times \ln(TN+1) - 2.226$	0.63	17.8

* 环境因子:水深(D)、水温(WT)、塞氏透明度(SD)、悬浮质(SS)、氨氮(NH₄)、硝氮(NO₂)、亚硝氮(NO₃)、总氮(TN)、磷酸根(PO₄)、总磷(TP)

梅梁湾微囊藻生物量与有关理化因子的逐步回归结果显示,0#点只有水深一个因子入选且相关性较差,说明0#点微囊藻生物量与理化因子的关系不明显,有研究发现,由于0#点靠近梁溪河口,受河水的影响较大,其藻类的优势种类已不是微囊藻而是隐藻等小型单细胞藻类^[16],通过逐步回归进一步验证了这一结果.梅梁湾内其他点位和湾平均的逐步回归结果也是以水温为最显著因子,与藻类总生物量的结果一致,可见在梅梁湾内微囊藻的生物量与总生物量的关系密切,从表1可见两者有很好的线性相关性($R = 0.93$).另外1#点的次要因子为磷酸根,2#点的次要因子为悬浮质和亚硝氮,5#点的次要因子为透明度,与总生物量的统计结果的主要区别在于总磷没有成为显著因子.微囊藻群体具有假空泡,其受风浪的影响漂移并在下风处聚集的特性在逐步回归统计中无法模拟计算,其结果与藻类总生物量的结果有较大差异.

2.4 太湖梅梁湾蓝藻水华生长的初步预测分析

2.4.1 藻类总生物量的预测 从上述结果显示,在剔除溶解氧、pH、化学耗氧量、电导率和碱度等因素后,太湖梅梁湾的藻类总生物量平均值与环境因子的逐步回归结果以水温和透明度为显著因子,回归方程为:

$$TB = 0.97 \times WT - 24.1 \times SD + 6.0 \quad (1)$$

其中,TB为藻类总生物量,WT为水温,SD为透明度.在实际应用时,由于水温和透明度都是可预测因素,可以得到以水温和透明度为主要因子的梅梁湾藻类总生物量的简单预测模型.但

回归方程的复相关系数只有 0.49, 显著性较低, 影响预测的效果. 而标准化后的藻类总生物量与环境因子的逐步回归方程以水温和总磷为显著因子, 回归方程为:

$$\ln(TB+1) = 1.16 \times \ln(WT+1) + 5.4 \times \ln(TP+1) - 2.33 \quad (2)$$

其中, \ln 为自然对数, TP 为总磷, 复相关系数为 0.65, 为显著相关. 总磷也是可预测因子, 因此方程(2)的预测效果会更接近实测值. 用方程(2)计算 1992 至 1999 年间梅梁湾藻类总生物量平均值的预测值(图 4). 可以看到, 预测曲线在春、秋、冬季与实测值相对吻合较好, 而夏季藻类高峰期与实测值差异较大, 这主要由于夏季梅梁湾蓝藻水华爆发时, 藻类受风浪和湖流影响而迁移, 用多元逐步回归无法模拟这一现象.

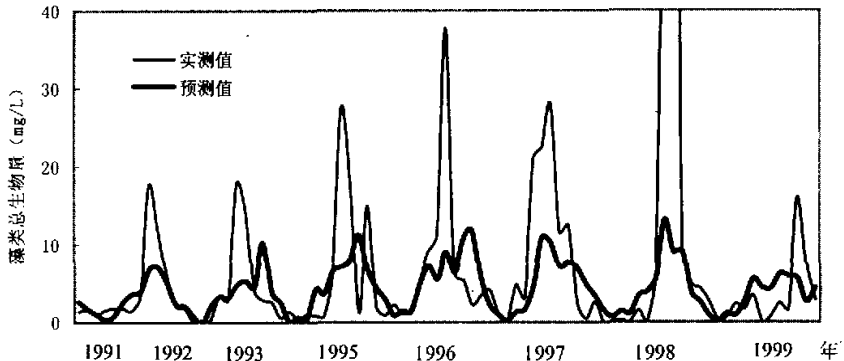


图 4 1992 至 1999 年梅梁湾藻类总生物量平均值的实测值与预测值的比较

Fig. 4 The observed and calculated total algal biomass in Meiliang Bay from 1992 to 1999

2.4.2 微囊藻生物量的预测 梅梁湾微囊藻生物量平均值的逐步回归结果与藻类总生物量的结果类似, 显著因子也是水温和透明度复相关系数只有 0.44, 显著性较差. 标准化后的湾平均回归方程为:

$$\ln(MB+1) = 0.95 \ln(WT+1) - 1.52 \times \ln(NO_3+1) + 0.89 \times \ln(TN+1) - 2.26 \quad (3)$$

其中, MB 是微囊藻的湾平均生物量, NO_3 为硝态氮, TN 为总氮, 复相关系数为 0.63, 是显著相关. 在实际应用时, 由于硝态氮和总氮也是可预测因子, 方程(3)可以成为预测模型的基础方程. 但逐步回归统计模型仍无法精确模拟微囊藻生物量的夏季峰值, 对夏季蓝藻爆发的预测有一定的局限性, 这有待进一步的研究和采用其他统计模型补充和完善.

致谢 本研究的样品采集和数据整理得到李江高级工程师的大力帮助, 中国科学院太湖湖泊生态系统研究站的一些同志也参加了部分野外采样工作, 在此一并致谢.

参 考 文 献

- 1 金相灿等主编. 中国湖泊富营养化. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 71-72, 185-196
- 2 蔡启铭等. 太湖水质的动态变化及影响因子的多元分析. 湖泊科学, 1995, 7(2): 97-106
- 3 高锡云, 陈宇炜, 蔡后建. 梅梁湾及大太湖水环境现状与富营养化趋势分析. 见: 蔡启铭编. 太湖环境生态研究(一). 北京: 气象出版社, 1998

- 4 陈宇炜,高锡云.西太湖北部微囊藻时空分布及其与光温等环境因子关系的研究.见:蔡启铭编.太湖环境生态研究(一).北京:气象出版社,1998
- 5 Ferguson A J D. The role of modelling in the control of toxic blue-green algae. *Hydrobiologia*, 1997, 349:1-4
- 6 Seip K L. The ecosystem of a mesotrophic lake - I. Simulating plankton biomass and the timing of phytoplankton blooms *Aquatic Sciences*, 1991, 53(2/3):239-262
- 7 Frisk T, *et al.* Modelling phytoplankton dynamics of the eutrophic Lake Vortsjav, Estonia. *Hydrobiologia*, 1999, 414:59-69
- 8 夏青,刘和平,刘峰等.地面水环境质量标准说明.环境科学研究,1998,1(5):1-102
- 9 金相灿,屠清瑛.湖泊富营养化调查规范.第二版.北京:中国环境科学出版社,1990
- 10 刘元波,高锡云.太湖北部梅梁湾水域水质聚类分析.湖泊科学,1997,9(3):255-260
- 11 卢崇飞,高惠璇,叶文虎编著.环境数理统计学应用及程序.北京:高等教育出版社,1988
- 12 Dokulil M. Optical properties, colour and turbidity. In: H. Löffler ed. Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in central Europe. The Hague: Dr. W. Junk by Publishers, 1979. 160-161
- 13 陈宇炜,高锡云,陈伟民等.太湖微囊藻的生长特征及其分离纯培养的初步研究.湖泊科学,1999,11(4):351-356
- 14 Bucka H. Ecology of selected planktonic algae causing water blooms. *Acta Hydrobiol.*, 1989, 31:207-258
- 15 Reynolds C S. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, 1984
- 16 陈宇炜,高锡云,秦伯强.西太湖北部夏季藻类间关系的初步研究.湖泊科学,1998,10(4):35-40

Prediction of Blue-green Algae Bloom Using Stepwise Multiple Regression Between Algae & Related Environmental Factors in Meiliang Bay, Lake Taihu

CHEN Yuwei QIN Boqiang GAO Xiyun

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract

This study deals with the relation between algal biomass and 15 environmental factors such as water temperature (WT), suspend solids (SS), Secci-depth (SD), DO, COD, pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN, $\text{PO}_4\text{-P}$, TP, Alkalinity (ALK) based on the monitoring data from 1992-1999 in Meiliang Bay, Lake Taihu. The stepwise multiple regression statistical method was used to calculate the relation between algal chlorophyll-a (Chla), total algal biomass (TB), *Microcystis* biomass (MB) and these environmental factors. The results showed that WT and TP were the most significant related factors to TB while WT, $\text{NO}_3\text{-N}$ and TN were the most significant related factors to MB. These can be used to predict the blue-green algal bloom in the bay.

Key Words Lake Taihu, stepwise multiple regression, *Microcystis*, prediction