

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.06.003

动水条件下太湖水体透明度及其影响因子模拟

李一平^{1 2 3} , 逢 勇^{1 2 3} , 徐秋霞^{1 2 3}

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室 , 江苏 南京 210098 ;
2. 河海大学浅水湖泊综合治理与开发教育部重点实验室 , 江苏 南京 210098 ;
3. 河海大学环境科学与工程学院 , 江苏 南京 210098)

摘要 : 利用太湖长序列实测资料 , 分析了太湖水体透明度的主要影响因子 , 建立了透明度与其影响因子之间的多元回归方程 , 基于该方程 , 建立了动水条件下太湖水体的透明度数学模型 . 结果表明 , 悬浮物质量浓度是太湖透明度最重要的影响因素 , 藻类和有机物质量浓度对透明度的影响不确定性较大 , 但总体来看呈现明显的反比关系 . 根据透明度及其影响因子的分布特征 , 分季节(春季和夏季) 分湖区(梅梁湾、湖心及沿岸区、东太湖) 建立的透明度与悬浮物、藻类及高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 质量浓度之间的多元回归方程具有较好的相关性 , 所建立的模型对太湖水体透明度以及影响因子具有较好的描述能力 , 说明该模型是合理的 .

关键词 : 透明度 ; 高锰酸盐指数 ; COD_{Mn} ; 悬浮物 ; 水质 ; 藻类 ; 太湖

中图分类号 : P941.78 文献标识码 : A 文章编号 : 1000-1980(2009) 06-0625-06

湖水透明度能够直观反映湖泊水下光场的分布情况 , 直接影响到水生植物的生长和繁殖 . Kirk^[1]指出 , 湖水透明度主要受制于 4 种物质 , 即非生物悬浮颗粒、浮游植物、溶解性有机物和纯水 . Bricaud 等^[2]认为影响湖泊透明度的物质大致可分为 3 类 , 即悬浮物质、浮游植物和黄色物质 . 张运林等^[3]利用 1993 ~ 2001 年太湖站常规监测资料进行了分析 , 认为透明度主要与悬浮物质量浓度相关 , 两者符合对数曲线关系 . Chen 等^[4]对太湖水体中透明度和悬浮物质量浓度的关系进行了指数拟合 , 相关性较好 . 杨顶田等^[5]利用透明度与悬浮物质量浓度的倒数关系对太湖水体中两者的关系进行了模拟 . 但关于动水条件下太湖水体透明度及其影响因子模拟的研究少见报道 . 笔者的前期研究^[6]也曾对太湖水体透明度进行过模拟 , 但在模型中只考虑了悬浮物质量浓度这一影响因素 , 并且对于起着重要作用的水动力因素——波浪在模拟时采用的是稳态的 SMB 模型 , 不能很好地反映太湖波浪的发展过程和分布规律 . 为了解决该问题 , 本文利用 1998 ~ 2002 年太湖 23 个监测点每月 1 次的实测资料 , 分析了太湖水体透明度的主要影响因子 , 并且分季节分湖流建立了透明度与各影响因子的关系 , 以三维湖流模型和动谱平衡波浪为基础 , 建立了动水条件下的太湖水体透明度模型 , 以期对太湖生态修复和富营养化治理提供技术支持 .

1 太湖水体透明度影响因子分析

利用 1998 ~ 2002 年太湖 23 个监测点每月 1 次的实测资料 , 对水质参数进行了两两相关性研究 . 分析结果表明 , 悬浮物 (SS)、叶绿素 *a* (Chl-*a*) 和高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 质量浓度是透明度的直接影响因素 , 而温度与 pH 值、氮和磷质量浓度及风浪等 , 主要通过增加悬浮物及 COD_{Mn} 质量浓度来影响水体透明度 , 是间接影响因素 . 为了综合反映透明度与 3 个直接影响因素质量浓度之间的关系 , 分季节分湖区建立了其多元回归方程 . 在空间上 , 根据水质特征将太湖划分为 3 个湖区 : 梅梁湾、湖心及沿岸区、东太湖 ; 在时间上 , 分夏秋季 (5 ~ 10 月) 和冬春季 (11 ~ 4 月) . 回归分析结果 (表 1) 表明 , 在不同湖区、不同季节 , 透明度与悬浮物质量浓度的倒数呈正相关关系 , 与 Chl-*a*、COD_{Mn} 质量浓度呈反比关系 . 总体来看 , 多元回归效果较好 , 相关系数几乎均在 0.7 以上 , 说明所建立的方程较好地描述了透明度与悬浮物、Chl-*a* 及 COD_{Mn} 质量浓度的关系 , 可以用该方程来进

收稿日期 : 2008-09-11
基金项目 : 高等学校博士学科点专项科研基金 (20070294019)、国家自然科学基金 (50579015)
作者简介 : 李一平 (1978—) 男 , 湖北荆州人 , 讲师 , 博士 , 主要从事湖泊富营养化机理及数学模型研究 .

行太湖水体透明度的模拟和预测.

表 1 太湖各湖区透明度 T 与 SS 、 $Chl-a$ 和 COD_{Mn} 质量浓度的多元回归方程

Table 1 Multiple regression equations for mass concentration of transparency , suspended solids , $Chl-a$, and COD_{Mn} in different regions of Taihu Lake

湖 区	季节	多元回归方程
梅梁湾	夏季	$T = 480.387/\rho_{SS} - 0.011\rho_{Chl-a} + 0.042\rho_{COD_{Mn}} + 23.534 (R = 0.802, P < 0.001)$
	冬季	$T = 782.508/\rho_{SS} - 0.036\rho_{Chl-a} - 0.646\rho_{COD_{Mn}} + 26.615 (R = 0.755, P < 0.001)$
湖心及沿岸区	夏季	$T = 50.466/\rho_{SS} + 0.133\rho_{Chl-a} - 1.296\rho_{COD_{Mn}} + 39.023 (R = 0.612, P < 0.006)$
	冬季	$T = 312.921/\rho_{SS} + 0.190\rho_{Chl-a} - 1.350\rho_{COD_{Mn}} + 27.179 (R = 0.722, P < 0.001)$
东太湖	夏季	$T = -571.181/\rho_{SS} - 2.360\rho_{Chl-a} - 1.886\rho_{COD_{Mn}} + 157.994 (R = 0.733, P < 0.001)$
	冬季	$T = 1621.905/\rho_{SS} + 1.901\rho_{Chl-a} + 1.744\rho_{COD_{Mn}} - 2.318 (R = 0.932, P < 0.001)$

2 太湖水体透明度模拟

由于太湖水体透明度受风速风向、波浪、湖流、悬浮物、藻类、水质等的综合影响,故在建立透明度模型时对这些因素都必须加以考虑.本文建立了将湖流、波浪、悬浮物、水质、藻类耦合的数学模型,对太湖水体透明度进行了动态模拟.

2.1 太湖水体透明度影响因子模型

2.1.1 太湖水动力模型

太湖水动力模型包含湖流模型和波浪模型.湖流模型采用准三维数学模型,模型方程、解法、初始条件、边界条件以及收敛条件的确定见文献[7].波浪模型采用基于第三代动谱平衡的 SWAN 模型,该模型不是以二维能谱密度而是以二维动谱表示随机波.在笛卡儿坐标系下,动谱平衡方程^[8]可表示为

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (C_x N)}{\partial x} + \frac{\partial (C_y N)}{\partial y} + \frac{\partial (C_\sigma N)}{\partial \sigma} + \frac{\partial (C_\theta N)}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \tag{1}$$

式中: N ——动谱密度; S ——以谱密度表示的源汇项,包括风能输入、波与波之间非线性相互作用和由于底摩擦、白浪、破碎等引起的能量损耗; C_x 、 C_y 、 C_σ 和 C_θ ——在 x 、 y 、 σ 方向和 θ 空间的波浪传播速度.这几种传播速度的具体表达形式均根据线性波浪理论求得.模型具体的率定验证见文献[9].

2.1.2 太湖悬浮物模型

在悬浮物模型中,考虑了底泥再悬浮的影响,并假定底泥起悬后就进入水体中,在垂向完全混合.实际上这一假定在太湖风速较大时,与太湖水体中悬浮物质量浓度垂向分层不明显的事实比较符合.具体方程^[10-11]如下:

$$\frac{\partial (h\rho_{SS})}{\partial t} + \frac{\partial (hu\rho_{SS})}{\partial x} + \frac{\partial (hv\rho_{SS})}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}\left[\xi_x \frac{\partial (h\rho_{SS})}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\xi_y \frac{\partial (h\rho_{SS})}{\partial y}\right] = P - D \tag{2}$$

式中: ρ_{SS} ——悬浮物质量浓度; h ——水深; t ——时间; u 、 v —— x 、 y 方向的流速; ξ_x 、 ξ_y —— x 、 y 方向的悬浮物扩散系数; D ——湖流、波浪及重力作用下底泥在床面上的沉降总量; P ——湖流、波浪及重力作用下底泥在床面上的冲起总量. $P - D$ 代表底泥在床面上的交换情况,当 $P > D$ 时,泥床发生冲刷,水流中悬浮物质量浓度将逐渐增大;当 $P < D$ 时,泥床发生沉降,水流中悬浮物质量浓度将逐渐减小;当 $P = D$ 时,泥床不冲刷不淤积,水流中悬浮物质量浓度处于相对平衡状态.模型参数的选取见文献[6].

2.1.3 藻类生长模型和水质模型

太湖藻类生长模型用来模拟太湖藻类的生长情况.藻类浓度用 $Chl-a$ 质量浓度来指示,根据质量守恒原理可得水体 $Chl-a$ 质量浓度的控制方程^[12]为

$$\frac{\partial \rho_{Chl-a}}{\partial t} + u \frac{\partial \rho_{Chl-a}}{\partial x} + v \frac{\partial \rho_{Chl-a}}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}\left(E_x \frac{\partial \rho_{Chl-a}}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(E_y \frac{\partial \rho_{Chl-a}}{\partial y}\right) + R \tag{3}$$

式中: ρ_{Chl-a} —— $Chl-a$ 质量浓度; u 、 v —— x 、 y 方向的流速,由水量模型计算得出; E_x 、 E_y —— $Chl-a$ 的纵向扩散系数和横向扩散系数; R —— $Chl-a$ 的转化项.模型具体原理、率定验证见文献[12].

为了全面反映影响透明度的各因素,在透明度模型中也考虑了水质的影响.以 COD_{Mn} 来代表水体中的溶解性有机物,对 COD_{Mn} 在水动力条件下的迁移扩散规律进行了模拟.水质方程是以质量平衡方程为基础的,

模型方程、解法详见文献 [13].

2.2 太湖水体透明度模型建立

影响太湖水体透明度的直接因素是悬浮物、藻类和水质,其中悬浮物是最重要的因素,藻类和水质影响程度较小,但在不同的季节和湖域也会对透明度产生一定的影响.太湖水体透明度模型建立的具体思路为:通过湖流、波浪模型首先模拟太湖水动力状况,在此基础上,分别对水动力作用下悬浮物、藻类、 COD_{Mn} 质量浓度进行模拟,然后利用分季节分湖域建立的透明度与悬浮物、藻类、 COD_{Mn} 三者质量浓度的关系(表 1),对太湖水体透明度进行模拟计算.

2.3 模型解法和定解条件

由于透明度模型为透明度与悬浮物、Chl-a 及 COD_{Mn} 质量浓度的多元回归方程,所以其定解条件即为悬浮物模型、Chl-a 模型和 COD_{Mn} 模型的定解条件,而湖流和波浪模型又耦合在这 3 个模型中,为之提供水动力条件.在各模型中,仍将计算区域划分为 81×81 个网格,网格距在水平方向上是常数 Δx Δy 为 1 km.各模型具体的解法、初始条件、边界条件以及收敛条件的确定均同前文所述.各模型的时间步长均为 120 s,模拟时长为 700 h.采用 2002 年 8 月的实测资料对透明度模型进行了验证.风向取 2002 年 8 月太湖地区盛行的东南风,风速均取太湖当月实际风速的平均值 5 m/s.

2.4 透明度模型验证

利用太湖实测的水文、气象、水质等资料对 2002 年 8 月的太湖水体透明度影响因子——湖流、波浪及 Chl-a、悬浮物和 COD_{Mn} 质量浓度进行了验证,在此基础上进行了太湖透明度模型的验证.

2.4.1 透明度影响因子模型验证

由 2002 年 8 月太湖有效波高模拟结果(图 1)可知,在 5 m/s 东南风的持续作用下,太湖波高基本在 10 ~ 20 cm 之间.沿岸区波高值较小,湖心波高较大,大值位于平台山附近,与流速大小分布的趋势有些相反,这说明波高受水深的影响较大.此外,在上风向区域波高等值线分布稀疏,而在下风向区域则较为密集,说明在风区长度较小的区域,波高区域较小,反之亦然.可见太湖波浪受风速风向的影响也特别大.波浪(图 1)和湖流的空间分布表明,在近岸区湖流和波浪的变化均较大,在湖心,流速较小但波浪较大.湖流与波浪的关系表明,除了沿岸区域以外,基本上呈现湖流波浪同向时,有效波高增大,波速增大,波长增长,波陡变小;湖流波浪反向时有效波高减小,波速减小,波长缩短,波陡增大的特征.

悬浮物质量浓度分布(图 2)表明,悬浮物质量浓度在太湖西岸最大,达到 80 mg/L 以上,其次是湖心区和太湖南岸,再次是梅梁湾、贡湖一带,东太湖悬浮物质量浓度最小,其值在 20 ~ 30 mg/L 之间.沿岸区悬浮物质量浓度较高,这是风、浪、流等近岸动力因素综合作用的结果.湖心悬浮物质量浓度高主要是由于湖心波浪较大,造成底泥再悬浮,增加水中悬浮物质量浓度.东太湖悬浮物质量浓度低是因为其位于太湖东南部的一个狭长湖湾,受风浪和湖流的作用小,而且东太湖的沉水植物和挺水植物对水体可起着过滤、消浪、抑制底泥上浮的作用.

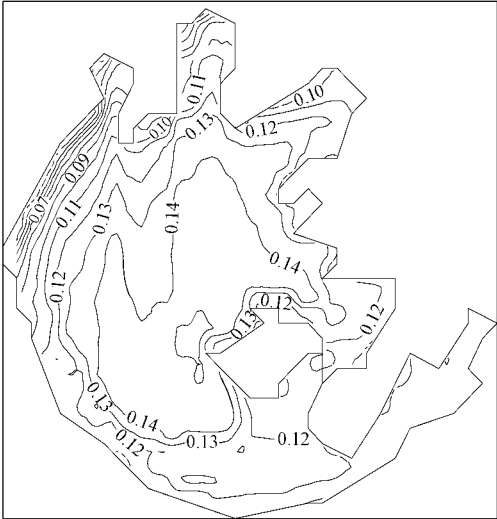


图 1 2002 年 8 月太湖有效波高模拟值(单位:cm)
Fig. 1 Simulated values of significant wave height in August 2002 (units: cm)

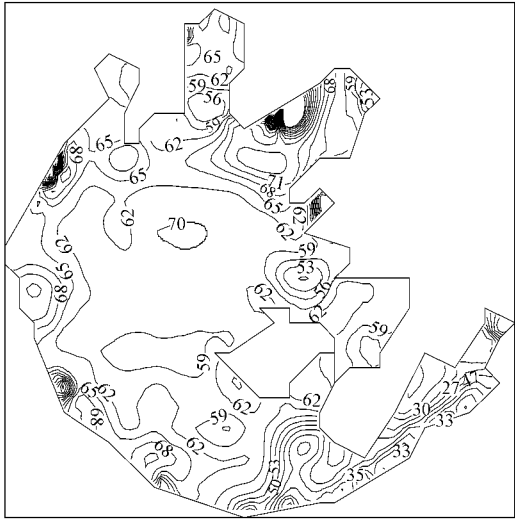


图 2 2002 年 8 月太湖悬浮物质量浓度模拟值(单位:mg/L)
Fig. 2 Simulated values of mass concentration of suspended solids in August 2002 (units: mg/L)

利用实测的水文水质资料和前文率定验证过的水质模型和藻类生长模型对 2002 年 8 月的水质和藻类生长情况进行了模拟.结果表明(图 3 和图 4)太湖西部沿岸 COD_{Mn}和 Chl-a 质量浓度较高,从岸边排污口向湖心扩散,质量浓度依次递减.梅梁湾内质量浓度均较高,并呈现由湾内向湾外依次递减的趋势.东太湖质量浓度较低,这一分布与太湖的实际情况较为吻合.

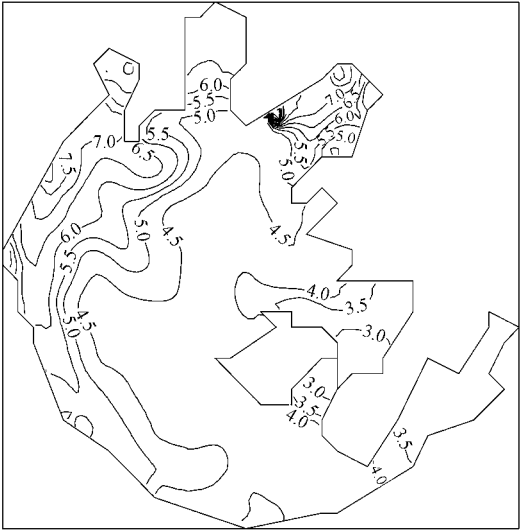


图 3 2002 年 8 月 COD_{Mn}质量浓度模拟值(单位:mg/L)

Fig. 3 Simulated values of mass concentration of COD_{Mn} in August 2002 (units: mg/L)

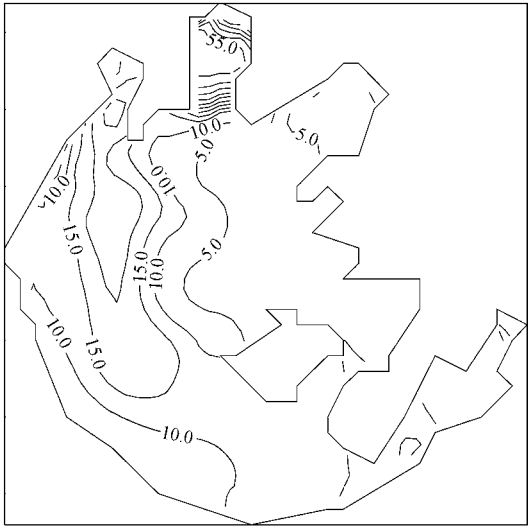


图 4 2002 年 8 月 Chl-a 质量浓度模拟值(单位:mg/L)

Fig. 4 Simulated values of mass concentration of Chl-a in August 2002 (units: mg/L)

2.4.2 透明度模型验证结果

利用悬浮物模型、藻类模型和水质模型的计算结果,对太湖水体透明度进行了模拟计算.由 2002 年 8 月太湖水体透明度实测值和模拟值的分布(图 5 和图 6)可知,太湖水体透明度的空间分布不均匀,透明度低值区主要分布在梅梁湾、贡湖、竺山湖,只有 30~35 cm.湖心和太湖沿岸次之,其值在 35~40 cm 之间.东太湖透明度最高,达到 70 cm 以上.模拟值与实测值反映的规律基本一致.梅梁湾是富营养化比较严重的湖区,特别是在夏季,藻类大量暴发,漂浮在水面和悬浮于水体中的浮游植物增大光的衰减系数,降低湖水透明度.贡湖和竺山湖也是如此,但没有梅梁湾严重.夏季藻类的暴发对湖心和沿岸的透明度也会产生一定的影响.沿岸带受湖流和波浪的扰动较大,底泥再悬浮是其透明度下降的主要原因.东太湖透明度较高,主要与水生植物有关,因为水生植物起着消浪促淤的作用.

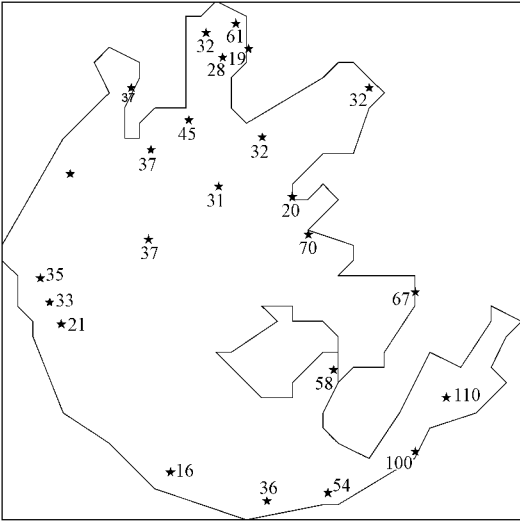


图 5 2002 年 8 月各监测点透明度实测值(单位:cm)

Fig. 5 Measured values of transparency in August 2002 (units: cm)

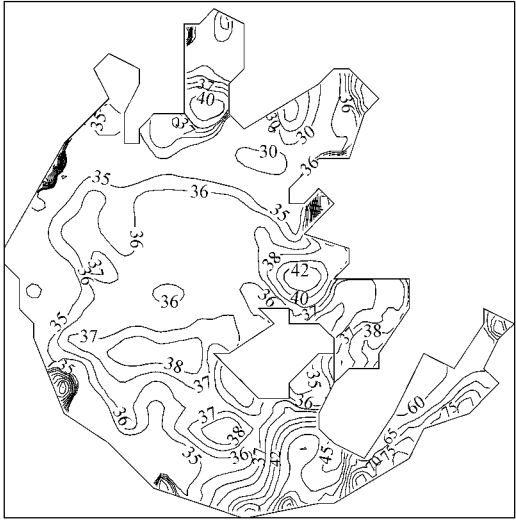


图 6 2002 年 8 月透明度模拟值(单位:cm)

Fig. 6 Simulated values of transparency in August 2002 (units: cm)

3 结 论

a. 透明度影响因子分析结果表明,悬浮物是太湖水体透明度最重要的影响因素,藻类和有机物对透明度的影响不确定性较大,但总体来看呈现明显的反比关系。藻类对透明度的影响夏季较冬季要大,有机物对透明度影响一直不是很大。其他因素(如温度、pH值、氮和磷质量浓度及风浪等),主要通过增加悬浮物、藻类及 COD_{Mn} 的质量浓度来影响水体透明度,是间接影响因素。

b. 考虑到透明度和悬浮物、藻类及 COD_{Mn} 质量浓度都存在较强的时空分布差异性,故分季节分湖区建立了透明度与3个影响因素质量浓度之间的多元回归方程,并且相关性均较好。

c. 建立了综合考虑湖流、波浪、悬浮物、水质、藻类等因子的太湖水体透明度数学模型,利用该模型,对太湖水体透明度进行了动态模拟,模拟效果较好。

参考文献:

- [1] KIRK J T O. Light and photosynthesis in aquatic ecosystem[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [2] BRICAUD A, AMOREL A, PRIEUR L. Absorption by dissolved organic matter of sea(yellow Substance) in the UV and visible domains [J]. Limnol & Oceanogr, 1981, 26: 43-53.
- [3] 张运林, 秦伯强, 陈伟民, 等. 太湖水体透明度的分析、变化及相关分析[J]. 海洋湖沼通报, 2003(2): 30-36. (ZHANG Yun-lin, QIN Bo-qiang, CHEN Wei-min, et al. Distribution dstribution, seasonal variation and correlation analysis of the transparency in Taihu Lake[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2003(2): 30-36. (in Chinese))
- [4] CHEN Yu-wei, QIN Bo-qiang, TEUBNER K, et al. Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: microcystis-domination in Lake Taihu a large shallow lake in China[J]. Journal of Plankton Research, 2003, 25(1): 445-453.
- [5] 杨顶田, 陈伟民, 曹文熙. 太湖梅梁湾水体透明度的影响因素分析[J]. 上海环境科学, 2003(增刊): 34-38. (YANG Ding-tian, CHEN Wei-min, CAO Wen-xi. Analysis on rransparency factors of Lake Taihu[J]. Shanghai Environmental Sciences, 2003(S): 34-38. (in Chinese))
- [6] 逢勇, 李一平, 罗淑葱. 水动力条件下太湖透明度模拟研究[J]. 中国科学: D 辑 地球科学, 2005, 35(增刊2): 145-156. (PNAG Yong, LI Yi-ping, LUO Lian-cong. Simulation on water transparency of Lake Taihu with hydrodynamic[J]. Science in China: Series D Earth Sciences, 2005, 35(S2): 145-156. (in Chinese))
- [7] 李一平, 逢勇, 张志毅, 等. 太湖梅梁湾、贡湖套网格风生流数值模拟[J]. 水资源保护, 2004, 20(2): 19-21. (LI Yi-ping, PANG Yong, ZHANG Zhi-yi, et al. Nested grid-based numerical simulation of wind-induced current of Meiliang Lake and Gonghu Lake in the Taihu Lake[J]. Water Resources Protection, 2004, 20(2): 19-21. (in Chinese))
- [8] BOOIJ N, RIS R C, HOLTHUIJSEN L H. A third generation model for coastal regions: part I, modeldescription and validation[J]. J. Geoph Research, 1999, 104(C4): 7649-7666.
- [9] 李一平, 逢勇, 刘兴平, 等. 太湖波浪数值模拟[J]. 湖泊科学, 2008, 20(1): 117-122. (LI Yi-ping, PANG Yong, LUO Lian-cong, et al. Numerical modeling of waves in Lake Taihu[J]. Journal of Lake Sciences, 2008, 20(1): 117-122. (in Chinese))
- [10] 白玉川, 李世森, 董文军. 不平衡输沙计算中泥沙起悬量与沉降量的确定: 以沉沙池为例[J]. 海洋通报, 1996, 15(6): 42-50. (BAI Yu-chuan, LI Shi-sen, DONG Wen-jun. Determination of suspended sediment picked up from and deposited on bed[J]. Marine Science Bulletin, 1996, 15(6): 42-50. (in Chinese))
- [11] 王尚毅, 顾元棣, 郭传镇. 河口工程泥沙数学模型[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 22-156.
- [12] 李一平, 逢勇, 丁玲. 太湖富营养化控制机理模拟[J]. 环境科学与技术, 2004, 27(3): 1-4. (LI Yi-ping, PANG Yong, DING Ling. Ecological simulation of eutrophication for Taihu Lake[J]. Environmental Science & Technology, 2004, 27(3): 1-4. (in Chinese))
- [13] 李一平, 逢勇, 吕俊, 等. 外源性污染对太湖梅梁湾水质影响的量化[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(1): 5-9. (LI Yi-ping, PANG Yong, LU Jun, et al. Quantification relation between the extraneous sources pollution and water quality of Meiliang Bay[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2004, 17(1): 5-9. (in Chinese))

Simulation of transparency and its factors in Taihu Lake under hydrodynamic conditions

LI Yi-ping^{1 2 3}, PANG Yong^{1 2 3}, XU Qiu-xia^{1 2 3}

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,

Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes of Ministry of Education,

Hohai University, Nanjing 210098, China;

3. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Using a long-term series of measured data from Taihu Lake, the main factors in transparency were analyzed, and multiple regression equations were established. On this basis, a mathematical model of the transparency of Taihu Lake under hydrodynamic conditions was proposed. The results show that the mass concentration of suspended solids is the primary factor affecting the water transparency in Taihu Lake. The mass concentration of the algae and organic matter has an uncertain effect on the water transparency, and they have an inverse relation overall. According to the temporal and spatial distribution of the water transparency and its factors, the multiple regression equations for the water transparency in Taihu Lake and the mass concentration of the suspended solids, algae, and permanganate index (COD_{Mn}) for different seasons (spring and summer) and lake regions (Meiliang Bay, center and shore of Taihu Lake, East Taihu Lake) exhibit good correlation. The present model can satisfactorily depict the water transparency and its factors and is rational.

Key words: transparency; permanganate index; COD_{Mn} ; suspended solid; water quality; alga; Taihu Lake

《水利经济》征订启事

中国科技核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊
全国水利系统优秀期刊 全国农业系统优秀期刊

(邮发代号 28-252, CN32-1165/F, 双月刊)

《水利经济》是由河海大学与中国水利经济研究会共同主办的以技术性为主、兼顾学术性和管理性的科技期刊。《水利经济》1983年创刊,是全国唯一的水利经济研究方面的专业性期刊。

主要刊登内容:水经济学理论;水权、水市场与水价研究;水利工程建设中的经济效益、社会效益和环境效益评价与分析;水利工程经济评价和财务评价;水利工程资本运作与费用分摊研究;水利工程管理研究,以及水利事业和水利建设的管理体制体制改革研究;水库移民经济研究;农业经济与管理研究;生态与环境经济研究;生态建设领域中的水资源可持续发展研究等。

主要读者对象:从事水经济、水利水电技术、经济管理、生态、环境、农业经济及管理工作的有关工程技术人员、科研人员、管理人员以及高等院校师生。

订阅办法:读者可通过邮局订阅,也可直接向编辑部订阅。每期定价6元,全年6期共计36元。

编辑部地址:南京市西康路1号 河海大学《水利经济》编辑部

邮政编码 210098

电话/传真 025-83786350

E-mail: jj@hhu.edu.cn

网址: http://kkb.hhu.edu.cn/jj/index_jj.htm