

太湖水质评价计算方法及近年来水质变化分析

陆铭锋, 徐 彬, 杨旭昌

(水利部太湖流域管理局水文水资源监测局, 江苏 无锡 214024)

摘要 :以 2000 ~ 2005 年太湖水质监测资料为基础, 结合算术平均法、算术平均法与湖区面积加权综合运用、监测点代表面积与湖区面积加权综合运用等 3 种不同的湖区水质评价计算方法, 对太湖水质状况及其近年来的变化趋势进行了分析。分析了这 3 种计算太湖水质指标方法的特点和存在问题, 并选用监测点代表面积与湖区面积加权综合运用的方法, 对太湖水质状况进行评价分析, 避免由于个别测站水质状况有较大的差异而影响湖区评价结果。评价结果表明, 太湖污染严重区域为北部梅梁湖、竺山湖和五里湖, 但水质恶化趋势在 2003 年后总体上得到了有效的遏制, 近年来太湖湖体水质总体稳定, 太湖东部沿岸区、东太湖和南部沿岸区水体水质满足饮用水水源地水质标准。

关键词 :太湖; 水质评价; 计算方法; 变化趋势

中图分类号 :X824 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2008)05-0030-04

Evaluation method for water quality of Taihu Lake and its variation in recent years

LU Ming-feng, XU Bin, YANG Xu-chang

(Monitoring Bureau of Hydrology and Water Resources, Taihu Basin Authority, Wuxi 214024, China)

Abstract :Using data from 2000 to 2005, the water quality of Taihu Lake in recent years is analyzed with three different water quality evaluation methods: the arithmetic average method, the method of weighted arithmetic averages of the acreage of each lake section, and the method of weighted arithmetic averages of the representative acreage of each station. Considering the characteristics and shortcomings of each method, and excluding unreasonable results caused by distinct variation of water quality at some water quality stations, the third method was used to evaluate the water quality of Taihu Lake. The results show that Meiliang Lake, Zhushan Lake and Wuli Lake are seriously polluted, the trend of deterioration of the water quality of Taihu Lake reversed in 2003 and water quality has been stable in recent years, and the water quality in East Taihu Lake and in the waters along the bank of the southern and eastern part of Taihu Lake has reached the water quality standard for a drinking water source area.

Key words :Taihu Lake; water quality evaluation; evaluation method; change trend

太湖作为流域内最重要的供水水源地, 担负着周边大中城市的城乡供水和改善下游地区水质的重要作用, 其水质状况一直受到广泛关注。因此, 选择科学的水质评价计算方法, 合理地对近年来太湖水质条件的变化状况进行分析, 既是流域水文水资源监测和评价的一项重要基础性工作, 也可作为流域水资源管理和保护部门开展依法管理工作提供科学的决策依据。

1 太湖基本情况

太湖地处长江三角洲南缘, 是我国第 3 大淡水湖, 水域面积 2338 km², 南北长 68.5 km, 东西平均宽 34 km, 湖岸线总长 405 km。太湖自西向东在无锡、苏州地区依次分布有竺山湖、梅梁湖、贡湖、漫山湖、胥湖及东太湖等湖湾。太湖是一座天然的平原调蓄水库, 正常水位下容积为 44.3 亿 m³, 平均水深

1.9 m,最大水深约 2.6 m,多年平均年吞吐量 52 亿 m³,水量年交换系数 1.2,换水周期约 300 d,具有蓄洪、供水、灌溉、航运、旅游等多种功能^[1]。太湖又是流域内最重要供水水源地,不仅担负着无锡、苏州和湖州等大中城市的城乡供水,还具有向上海市等下游地区供水并改善水质的作用。

20 世纪 70 年代以前,太湖平均水质为 GB 3838—88《地面水环境质量标准》Ⅱ类;自 80 年代起,由于工农业废水和生活污水排放量逐年增加,太湖水质平均每 10 年下降一个等级,且恶化趋势越来越快,80 年代水质为Ⅱ至Ⅲ类^[2],到 90 年代,太湖水质继续下降,特别是西北部五里湖、梅梁湖、竺山湖等湖湾,水质基本劣于Ⅴ类,全湖富营养化水平也上升到以富营养为主,太湖富营养化及其所导致的蓝藻暴发已经成为太湖主要水环境问题。由于污染,近 30 年来生物的多样性发生了巨大变化,太湖的浮游植物种群数量不断减少,浮游动物单位个数也不断下降,太湖底栖动物种类明显下降,而耐污的浮游和底栖动物种类数量呈逐渐增加趋势^[3]。20 世纪 90 年代末以来,太湖水质恶化趋势得到初步遏制,TP、NH₃-N、COD_{Mn}等主要指标均有所好转,但北部湖湾水质仍为Ⅴ类至劣Ⅴ类,大部分水域仍处于富营养化状态^[4]。

2 太湖水质评价计算方法探讨

现阶段常用的水质评价方法主要有:单指标评价法、综合评价指数法、模糊数学模式评价法、神经网络模型法、生物指标法、灰色聚类法等,各种评价方法各有优点。目前,流域管理部门一般都采用单指标评价法(最差的项目赋全权,又称一票否决法),由于该方法在水质评价计算工作中操作简单易于掌握,且评价结果比较直观,另外,GB 3838—2002《中国地表水环境质量标准》中也明确规定了^[5]地表水环境质量评价应根据应实现的水域功能类别,选取相应的类别标准,进行单因子评价,评价结果应说明水质达标情况,超标的应说明超标项目和超标倍数。因此,单指标评价法已得到了广泛应用。

2.1 水质监测

太湖按照其湖泊形状特点及水功能区划要求,可划分为五里湖、梅梁湖、竺山湖、贡湖、东太湖、胥湖、湖心区、西部沿岸区和南部沿岸区等 9 大部分(图 1),布设有 33 个水质监测站点^①。本文在探讨近年来太湖水质状况及其变化趋势时,主要以太湖实测资料为依据,通过对不同的计算和评价方法相互比较,客观评价太湖总体水质状况。

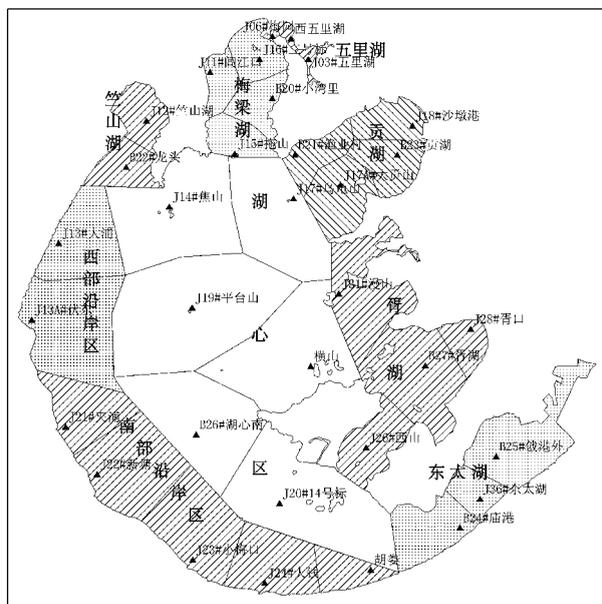


图 1 太湖湖区划分示意图

2.2 水质评价方法

太湖水体水资源质量状况的评价,一般采用单指标评价法进行,但由于太湖是平原浅水型湖泊,水域面积较大,近年来随着水质状况的显著变化,尤其是太湖的各湖湾及湖心区水质状况不尽相同,要分别对各个湖区以及太湖总体水质状况作出科学的评价,则需要选择正确合理的计算评价方法。以下就 3 种太湖水质评价计算方法作简要探讨。

方法一:算术平均法。首先对太湖各湖区内的监测点($i = 1, 2, \dots, n$)水质指标($c_{j,i}$)作算术平均后,得到湖区水质指标平均值(\bar{c}_j),然后由各湖区的平均值再进行算术平均计算得到全太湖的水质指标平均值(\bar{C}),并按照单指标评价法进行类别判断。计算公式为

$$\bar{c}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{j,i} \quad \bar{C} = \frac{1}{9} \sum_{j=1}^9 \bar{c}_j$$

方法二:算术平均法与湖区面积加权综合运用。首先对各湖区内的监测点水质指标($c_{j,i}$)作算术平均,得到湖区水质指标平均值(\bar{c}_j);然后根据各湖区的面积,采用面积加权平均法计算得到全太湖的水质指标平均值(\bar{C}),并按照单指标评价法进行类别判断。计算公式为

$$\bar{c}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{j,i} \quad \bar{C} = \sum_{j=1}^9 \left(\bar{c}_j \frac{F_j}{F} \right)$$

式中: F_j 为太湖第 j 个湖区面积; F 为太湖总面积。

方法三:监测点代表面积与湖区面积加权综合运用。首先对太湖各湖区内的监测点水质指标($c_{j,i}$)按照面积加权平均法计算(各湖区内监测点代

① 太湖流域水资源保护局.太湖流域及东南诸河地区省界水体水资源质量状况通报.2000-2005.

表面积采用泰森多边形法进行划分计算得到),得到各湖区水质指标平均值(\bar{c}_j);然后根据各湖区的面积,再采用面积加权平均法计算得到全太湖的水质指标平均值(\bar{C}),并按照单指标评价法进行类别判断。计算公式为

$$\bar{c}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(c_{j,i} \frac{f_{j,i}}{F_j} \right) \quad \bar{C} = \sum_{j=1}^9 \left(\bar{c}_j \frac{F_j}{F} \right)$$

式中: $f_{j,i}$ 为太湖第 j 个湖区第 i 个监测点代表面积。从以上3种计算方法来看,方法一完全采用了算术平均法进行,虽然计算过程较为简单,但对于太湖这种水域面积较大且各湖区水质状况分布有较大差异的湖泊不太适合,往往会造成个别水质较差的湖区影响到整个太湖水质评价结果;方法二与方法三都采用了面积加权法,较好地解决了太湖各湖区水质状况分布有较大差异的问题,所不同的是:方法三对于每个湖区中不同的监测站点,也按照其代表面积的权重,计算得到湖区的水质指标均值,这样可以避免由于个别测站水质状况有较大的差异而影响湖区评价结果,但计算过程相对繁琐,尤其是在增、减测站时需要及时调整计算方案。

2.3 水质评价选用指标

本文对太湖水质评价选用指标主要包括水温、pH值、DO、 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、铜、锌、氟化物、砷、汞、镉、铬(6价)、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群等22个基本项目,采用单指标评价法(最差项目赋全权)对太湖及各湖区水质状况进行水质分类评价,TP、TN不参评,供参考。

3 不同方法水质评价结果

按照上文所述的3种计算方法,分别对2000~2005年期间太湖 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP等3项指标进行了计算,结果见表1。另外,对上述各指标的近年来的总体变化趋势进行了对比,详见图2。

a. 方法一:算术平均法。由于太湖各湖区水质状况不尽相同,如北部湖区水质状况相对较差,部分水质指标超标严重,而南部湖区水质状况较好,单纯采用算术平均法进行分湖区和全太湖的水质指标平均计算,往往使得个别湖区的水质状况影响了全湖区的评价结果,从而使整体评价价值失真。如图2所示,方法一的评价结果明显较其他方法计算结果偏大,而且个别指标(如: $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$)年内变化幅度较大,评价结果不尽合理。

示,方法一的评价结果明显较其他方法计算结果偏大,而且个别指标(如: $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$)年内变化幅度较大,评价结果不尽合理。

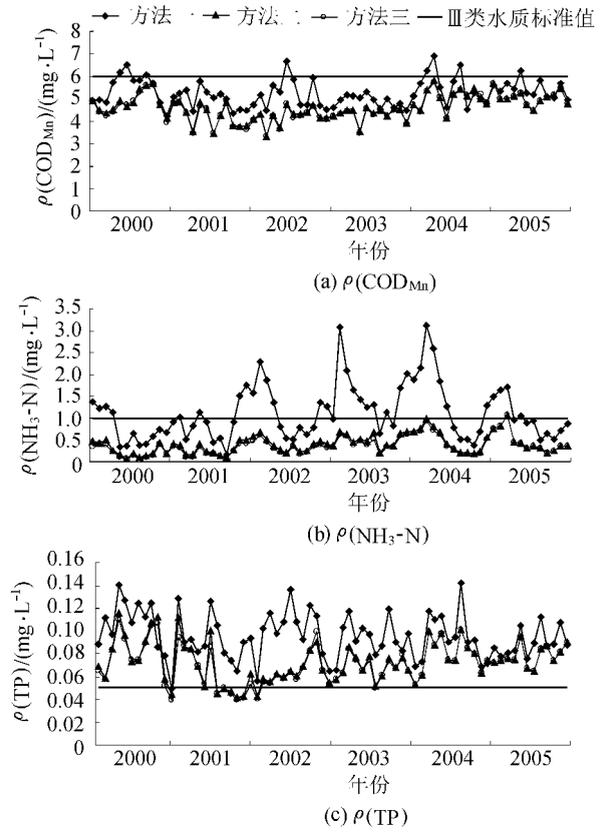


图2 2000~2005年太湖水质指标变化趋势

b. 方法二:算术平均法与湖区面积加权综合运用。从计算结果看,太湖湖区各水质指标年内及年际变化趋势相对合理,基本反映了湖区水质状况,而且各指标年内变化幅度没有出现明显的跳跃现象。全太湖 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 为3.30~5.80 mg/L, $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ 为0.07~1.06 mg/L, $\rho(\text{TP})$ 为0.041~0.116 mg/L。

c. 方法三:湖区及太湖湖体均采用面积加权平均。计算结果与方法二基本吻合,一方面说明了各个湖区所选用的监测站点之间水质状况即使存在一定的差别,但对于整个湖区综合计算评价结果影响相对较小;另一方面也说明了目前所布设的太湖监测站点基本能反映出整个太湖的水质状况,监测方案较为合理可行。

综合比较,对太湖水质评价宜采用方法三进行。

表1 太湖2000~2005年主要水质指标年均值不同方法计算结果

年份	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$			$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$			$\rho(\text{TP})$			水平年分类
	方法一	方法二	方法三	方法一	方法二	方法三	方法一	方法二	方法三	
2000	5.45	5.00	4.97	0.76	0.25	0.21	0.104	0.082	0.079	平水年
2001	4.98	4.24	4.21	0.88	0.28	0.24	0.093	0.066	0.062	平水年
2002	5.20	4.19	4.16	1.14	0.39	0.33	0.100	0.064	0.063	平偏丰
2003	4.87	4.31	4.29	1.50	0.50	0.44	0.094	0.069	0.068	特枯年
2004	5.49	5.04	5.03	1.42	0.49	0.45	0.094	0.079	0.079	平偏枯
2005	5.44	5.05	5.05	0.99	0.47	0.47	0.090	0.078	0.078	平偏枯

表 2 太湖 2000 ~ 2005 年部分水质指标全年平均质量浓度

mg/L

年份	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$		$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$		$\rho(\text{TP})$		$\rho(\text{TN})$		$\rho(\text{DO})$		$\rho(\text{BOD}_5)$		$\rho(\text{FN})$		水平年 分类
	质量浓度	类别	质量浓度	类别	质量浓度	类别	质量浓度	类别	质量浓度	类别	质量浓度	类别	质量浓度	类别	
2000	4.97	Ⅲ	0.21	Ⅱ	0.079	Ⅳ	2.01	—	10.31	Ⅰ	3.06	Ⅲ	未检出	Ⅰ	平水年
2001	4.21	Ⅲ	0.24	Ⅱ	0.062	Ⅳ	1.74	—	9.39	Ⅰ	2.42	Ⅰ	未检出	Ⅰ	平水年
2002	4.16	Ⅲ	0.33	Ⅱ	0.063	Ⅳ	2.00	—	9.18	Ⅰ	2.91	Ⅰ	未检出	Ⅰ	平偏丰
2003	4.29	Ⅲ	0.44	Ⅱ	0.068	Ⅳ	2.41	—	9.35	Ⅰ	2.50	Ⅰ	未检出	Ⅰ	特枯年
2004	5.03	Ⅲ	0.45	Ⅱ	0.079	Ⅳ	2.61	—	9.60	Ⅰ	2.73	Ⅰ	未检出	Ⅰ	平偏估
2005	5.05	Ⅲ	0.47	Ⅱ	0.078	Ⅳ	2.48	—	10.12	Ⅰ	2.14	Ⅰ	未检出	Ⅰ	平偏估

注 数据引自太湖流域水资源保护局。2000 ~ 2005 年《太湖流域及东南诸河地区省界水体水资源质量状况通报》。

4 近年来太湖水质变化趋势分析及展望

根据 2000 ~ 2005 年太湖水质监测资料,选用方法三计算得到太湖湖体主要水质指标全年平均浓度值,并按照 GB 3838—2002《中国地表水环境质量标准》对各个指标评判类别,然后采用“单指标评价法”分别进行评价。

从计算结果上看,太湖水质总体稳定,部分湖区呈好转趋势,但受到年际丰枯水变化以及年内各月份径流量变化的影响,太湖水质还存在一定的波动。太湖湖心区、胥湖、东太湖和苏浙边界缓冲区水质相对较好,近年来基本稳定在Ⅲ类,无明显波动;贡湖水质基本稳定在Ⅲ类,但部分时段 $\text{NH}_3\text{-N}$ 指标出现超标;五里湖、梅梁湖的水质恶化趋势在 2003 年后得到了有效的遏制,近两年出现明显好转,部分时段梅梁湖水质曾达到Ⅳ类水平,竺山水质相对较差,从近几年的水质指标看,2005 年恶化趋势有所缓解,但仍劣于Ⅴ类。

太湖 2000 ~ 2005 年 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN、DO、 BOD_5 、挥发酚 7 个指标全年平均值见表 2。

分析 2000 ~ 2005 年太湖水质的变化趋势,在加强城镇污水处理厂建设,补充有效控制磷、氮污染物的措施,加强畜禽养殖污染治理,启动湖泊生态修复工程并发挥作用,加大城市、工业污染和农业面源污染防治的力度等流域水污染治理措施得到全面落实前提下^[6],再辅以引江济太调水,通过望虞河调引长江清水入太湖,改善太湖和河网水体水质,抑制太湖蓝藻暴发,增加流域供水量,提高水资源和水环境承载能力^[7],预测到 2010 年,太湖水质将比 2000 年有明显改善,太湖湖体(除竺山湖)和西部沿岸、南部沿岸区总体水质达到Ⅲ类,竺山水质达Ⅴ类,梅梁湖、五里湖的水质将比 2005 年有所改善,达到Ⅳ ~ Ⅴ类,贡湖、胥湖水质稳定在Ⅲ类,太湖富营养化程度继续有所减轻,湖区生态系统向良性循环发展。但近年来太湖治理也表明,湖泊富营养治理是一个长期的、艰巨的过程,太湖富营养治理任务仍然艰

巨,治理工作不容任何放松。

5 结论及建议

a. 针对太湖水质监测和评价现状,建议选择方法三(湖区及太湖湖体均采用面积加权平均的计算方法)对太湖各湖区内的监测点水质指标按照面积加权平均法计算,得到各湖区水质指标平均值,然后对各湖区再采用面积加权平均法计算得到全太湖的水质指标平均值,客观评价太湖水质状况,可避免由于太湖湖区个别测站水质状况有较大的差异而影响评价结果。

b. 根据 2000 ~ 2005 年间太湖水质趋势分析,太湖污染严重区域为北部湖区(梅梁湖、竺山湖和五里湖),但水质恶化趋势在 2003 年后总体上得到了有效的遏制,随着太湖地区水污染治理措施的逐步落实,以及引江济太调水工程的实施,近年来太湖湖体水质总体稳定,太湖东部沿岸区、东太湖和南部沿岸区水体水质满足饮用水水源地水质标准。

参考文献:

- [1] 王同生. 太湖流域防洪与水资源管理[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2006:10-11.
- [2] 吴浩云. 太湖流域“引江济太”水资源调度配置对维护流域河湖健康的思考[C]//房玲娣. 水资源管理创新理论与实践. 北京:中国水利水电出版社, 2006:341-342.
- [3] 黄漪平. 太湖水环境及其污染控制[M]. 北京:科学出版社, 2001:71.
- [4] 成新, 江溢, 蒋英姿, 等. 太湖底泥与污染情况调查[C]//太湖高级论坛论文集. 上海:水利部太湖流域管理局, 2004:435.
- [5] GB 3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局, 2002:1-4.
- [6] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域及杭嘉湖地区水资源供需分析初步报告[R]. 上海:水利部太湖流域管理局, 2004:62-66.
- [7] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域及杭嘉湖地区水资源配置研究初步报告[R]. 上海:水利部太湖流域管理局, 2006:43.

(收稿日期 2007-04-02 编辑 徐娟)