

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.02.008

内梅罗水污染指数法在太湖水质评价中的适用性分析

徐 彬¹,林灿尧²,毛新伟¹

(1.太湖流域水文水资源监测中心,江苏 无锡 214024; 2.水利部水文局,北京 100053)

摘要:为了有效地服务于水资源保护和管理,运用内梅罗水污染指数法对太湖历年水质进行评价。结果:该方法的评价结果与太湖的宏观治理进程较为吻合,相比单因子评价法能够更加简明直观地反映综合水质状况,且与湖库营养状态评价结果之间具有显著的线性相关性。通过对比分析,认为内梅罗水污染指数法在太湖水质评价中具有较好的适用性。

关键词:内梅罗水污染指数;水质评价;适用性;太湖

中图分类号:X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2014)02-0038-03

Analysis of applicability of Nemerow pollution index to evaluation of water quality of Taihu Lake

XU Bin¹, LIN Canyao², MAO Xinwei¹

(1. Monitoring Center of Hydrology and Water Resources of Taihu Basin, Wuxi 214024, China;
2. Hydrological Bureau of the Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

Abstract: For more effective water resources protection and management, the Nemerow pollution index was used to evaluate the water quality of Taihu Lake overmany years. The evaluation results of this method agree with the macro governance process in Taihu Lake. The proposed method can be more concise and intuitive than the single factor evaluation method in reflecting the comprehensive status of the water quality. Furthermore, the evaluation results of the proposed method have a significant linear correlation with the results of eutrophication evaluation of lakes and reservoirs. Comparative analysis shows that the Nemerow pollution index has wide applicability to the evaluation of the water quality of Taihu Lake.

Key words: Nemerow pollution index; water quality evaluation; applicability; Tiahu Lake

水质评价的方法很多,总体分为单因子评价法和综合评价法两大类。单因子评价法将各参数浓度代表值与评价标准逐项对比,以单项评价最差项目的类别作为水质类别,同时说明超标项目和超标倍数,是 GB3838—2002《地表水环境质量标准》中所采用的评价方法^[1],目前使用最多;综合评价法的主要特点是用各种污染物的相对污染指数进行数学上的归纳和统计,得出一个较简单的代表水体污染程度的数值。通过综合评价法能了解多个水质参数与相应标准之间的综合相对关系,但有时也会掩盖高浓度的影响^[1]。

综合评价法有几十种之多,包括指数评价法、健

康风险评价法、模糊评价法、灰色评价法、物元分析法、人工神经网络评价法等。指数评价法因数学过程简洁、结果易于使用而被广泛应用,内梅罗水污染指数法便是其中一种^[2]。由于该方法是 GB/T 14848—1993《地下水质量标准》中的推荐方法^[3],故在地下水评价中应用较多,而在地表水评价中则较少涉及。笔者尝试将其应用于太湖水质评价中,以期能够更加简明合理地反映水质综合污染程度,为水资源保护提供一种更有助于提高工作效率的技术方法。

1 内梅罗水污染指数简介

内梅罗指数由美国叙拉古大学内梅罗(N L

作者简介:徐彬(1979—),男,工程师,主要从事水资源监测及调查评价工作。E-mail:sinaxubin@vip.sina.com

Nemerow) 教授于 1974 年在其所著的《河流污染科学分析》一书中提出^[4]。内梅罗指数是一种兼顾极值或称突出最大值的计权型多因子环境质量指数。其计算公式为

$$I_p = \sqrt{\frac{(I_{\max}^i)^2 + (\bar{I})^2}{2}} \tag{1}$$

其中 $\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i$, $I_i = \frac{C_i}{C_{oi}}$

式中: I_p 为内梅罗指数; $I_{\max}^i$ 为所有评价因子中污染指数最大值; $\bar{I}$ 为所有评价因子的污染指数平均值; I_i 为第*i*项评价因子的污染指数; C_i 为第*i*项评价因子的实测值; C_{oi} 为第*i*项评价因子的水质标准值。

一般来说,如果 $I_p \leq 1$,说明环境质量较好,水体较清洁;如果 $I_p > 1$,则说明环境质量较差,水体受到了污染。

根据对其计算公式的理解,内梅罗指数特别突出了污染最严重的评价因子,同时也一定程度的兼顾了其他水质较好的参评因子对总体结果的贡献,尤其避免了在计算过程中各因子权重人为赋值的主观影响。

2 太湖水质评价应用

2.1 内梅罗指数法评价

2005—2012 年评价因子为 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中除水温和粪大肠菌群之外的 22 项基本指标项目,另有透明度和 Chl-a 作为营养状态评价指标;20 世纪 90 年代至 2005 年受到当时监测条件所限,评价数据仅包括 DO、pH、TP、TN、NH₃-N、COD_{Mn}、BOD₅、FN 等 8 项指标,另有 2000—2005 年的透明度和 1998—2005 年的 Chl-a 作为营养状态评价指标;而 1981 年仅有 COD_{Mn}、NH₃-N、TP、TN 以及 Chl-a 等 5 项数据。由于太湖主要是受 N、P 营养盐及耗氧有机物污染,TN 和 TP 为主要超标指标,因此在已包含 TN 和 TP 两项指标的前提下,不同年份参评指标的变化对评价结果之间可比性的影响较小。太湖作为流域内重要的饮用水源地,使用内梅罗指数计算时,各项评价因子的标准值采用相应的Ⅲ类标准限值。评价结果见表 1。

根据评价结果,1981 年太湖的内梅罗指数值为 0.82,表明参评指标的达标情况较好,太湖水质较为洁净;20 世纪 90 年代以后指数值均大于 1,表明存在长期超标指标,水质一直处于相对污染状态;2006 年指数出现最大值,太湖水质为历史最差时期;2007—2012 年指数值大体呈下降趋势,表明水质在逐步好转。可以看出整个过程中 2006—2007 年为太湖水质的历史转折点,该变化趋势与太湖自

表 1 不同年份太湖水质的内梅罗指数法评价结果

年份	内梅罗指数	年份	内梅罗指数
1981	0.82	2005	1.82
1991—1996	1.44	2006	2.07
1998	1.60	2007	1.72
1999	1.30	2008	1.77
2000	1.54	2009	1.62
2001	1.36	2010	1.78
2002	1.55	2011	1.47
2003	1.84	2012	1.42
2004	1.87		

2007 年供水危机后大量综合整治措施不断落实并逐渐收效的宏观过程相吻合,说明内梅罗指数法能够对水体质量综合状况进行准确的宏观定位,评价结果合理。

2.2 与单因子评价法的对比

单因子评价法是 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中所规定的评价方法,属于国家标准方法,是目前使用最广泛的水质评价方法。太湖水质单因子评价结果见表 2。

表 2 不同年份太湖水质单因子评价结果

年份	水质类别	超标项目及最大超标倍数
1981	Ⅲ	
1991—1996	劣 V	TN(1.1),TP
1998	劣 V	TN(1.1),TP
1999	V	TN(0.7),TP
2000	V	TN(1.0),TP
2001	V	TN(0.8),TP
2002	劣 V	TN(1.0),TP
2003	劣 V	TN(1.4),TP
2004	劣 V	TN(1.6),TP
2005	劣 V	TN(1.5),TP
2006	劣 V	TN(1.9),TP, COD
2007	劣 V	TN(1.4),TP
2008	劣 V	TN(1.5),TP
2009	劣 V	TN(1.3),TP
2010	劣 V	TN(1.5),TP
2011	劣 V	TN(1.0),TP
2012	V	TN(1.0),TP

单因子评价结果由水质类别、超标项目及超标倍数(本文仅列出最大超标倍数)3 部分组成。单从水质类别结果来看,1981 年太湖水质较好,为Ⅲ类,但 20 世纪 90 年代至今则始终在 V 类和劣 V 类之间来回波动,无法看出明显的变化趋势和细节差异。如果连同超标项目及超标倍数一并分析,则可以较为详细的了解不同年份的水质细节,但是却很难将各年度水质综合污染状况绘制成变化趋势图等进行直观对比。在实际应用中,如果评价对象数量较多且超标指标差异较大,使用该方法很难快速获取较为精细的水质总体变化趋势;而对于宏观管理来说,由 3 部分组成的复合型评价结果不够简明,相较于

内梅罗指数法的单一数值型结果,不能很方便地用于数理统计和图表绘制,其利用价值难以有效发挥。

2.3 与营养状态指数评价法的对比

太湖水质污染主要是由富营养化引起的。根据SL395—2007《地表水资源质量评价技术规程》中的湖库营养状态评价方法^[5],使用现有数据评价所得太湖营养状态指数结果见表3。

表3 不同年份太湖营养状态评价结果

年份	营养状态指数	年份	营养状态指数
1981	51.5	2005	64.0
1991-1996	56.4	2006	66.0
1998	56.6	2007	62.4
1999	55.4	2008	63.2
2000	61.1	2009	60.9
2001	58.2	2010	61.5
2002	58.7	2011	60.8
2003	60.9	2012	61.0
2004	63.1		

将太湖的内梅罗指数和营养状态指数评价结果进行相关分析,其相关系数达到0.89,具有很强的线性相关性(图1)。

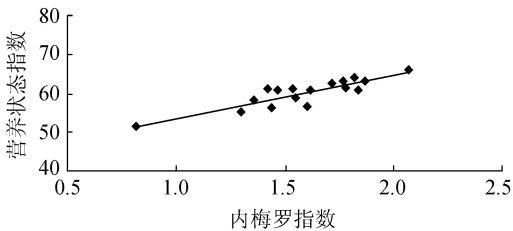


图1 内梅罗指数与营养状态指数的相关性

由于太湖是典型的富营养化湖泊,其水质超标最为严重的TN、TP同时也是营养状态评价指标,因此内梅罗指数与营养状态指数的评价结果之间理应存在一定的相关性,而分析结果则很好地印证了这一点。与成熟的国标方法结果比对表明,内梅罗指数的评价结果在不同污染程度的区间范围内分布合理,评价方法较为可靠。

3 方法评价

受到自身算法的限制,内梅罗指数的评价结果存在一个公认的特点,即评价结果特别突出了超标最严重的指标影响,尤其是在评价指标较多并且仅有个别指标超标的情况下,占多数的低浓度指标对评价结果影响有限^[6-7],属于相对严格的水质评价方法。对于很多研究性工作来说,该特点不利于对水体质量做出全面均衡的评价,对此很多学者提出了内梅罗指数的各种修正方案。

但对于水资源保护管理部门来说,其工作重点恰恰正是超标项目,且超标越严重的越需关注。在

管理工作中,使用内梅罗指数能够更加快捷地将各指标监测数据中超标最严重的通过数值型评价结果反映出来,帮助工作人员对繁杂的原始数据进行批量处理,快速区分和筛选出不同污染程度的水体。

另外,内梅罗指数结果为一个简单的分值,无论是否为专业人士,都能较为轻易地通过其对水质污染程度做出大致判断。如果将其用于水质信息的通报发布,可便于不同层次读者对水质状况的了解和判读。

4 结 论

内梅罗水污染指数法在太湖水质评价中具有较好的适用性。该方法计算过程便捷,结果简明易用,方法合理可靠,相较于国家标准中的单因子评价法能够更加简捷地反映综合水质状况且便于统计分析利用,有助于管理人员跨过繁杂的原始数据快速掌握不同水体的污染程度,是水资源保护和管理工作中的一项有力工具。目前该评价方法已初步应用于太湖健康状况评价中。

参考文献:

[1] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].
[2] 彭文启,张祥伟. 现代水环境质量评价理论与方法[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
[3] GB/T 14848—1993 地下水质量标准[S].
[4] 关伯仁. 评内梅罗的污染指数[J]. 环境科学,1979(4): 67-71. (GUAN Boren. Assessment of Nemerow pollution index[J]. Environmental Science, 1979(4): 67-71. (in Chinese))
[5] SL 395—2007 地表水资源质量评价技术规程[S].
[6] 李亚松,张兆吉,费宇红,等. 内梅罗指数评价法的修正及其应用[J]. 水资源保护,2009,25(6): 48-50. (LI Yasong, ZHANG Zhaoji, FEI Yuhong, et al. Improvement of Nemerow index method and its application[J]. Water Resources Protection, 2009, 25(6): 48-50. (in Chinese))
[7] 寇文杰,林健,陈忠荣,等. 内梅罗指数法在水质评价中存在问题及修正[J]. 南水北调与水利科技,2012,10(4): 39-41. (KOU Wenjie, LIN Jian, CHEN Zhongrong, et al. Existing problems and modifications of using Nemerow index method in water quality assessment[J]. South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology, 2012, 10(4): 39-41. (in Chinese))

(收稿日期:2013-10-15 编辑:徐 娟)