

年均值法和频次法对水功能区达标评价影响分析

吴建斌¹, 陆海明², 孙祥², 李晓红²

(1.苏州市吴江区水利局,江苏 苏州 215200;

2.南京水利科学研究院,水文水资源与水利科学国家重点实验室,江苏 南京 210029)

摘要:水功能区达标评价是落实最严格水资源管理制度和水污染防治重要抓手。年均值法和频次法是水功能区达标评价两种主要方法。以太湖流域平原河网区S市W区2013~2017年64个水功能区水质数据为例,比较了两种方法区域水功能区达标评价结果差异。结果表明:(1)年均值法评价区域水功能区达标率高于频次法,双因子(COD_{Mn}和NH₃-N)、三因子(COD_{Mn}、NH₃-N、TP)年均值法达标率分别高于频次法18%、24%;(2)COD_{Mn}、NH₃-N、TP单项因子评价年均值法达标率分别高于频次法11%、12%、14%;(3)两种方法评价结果差异的水功能区占功能区总量的41%,多次出现两种评价方法结果差异的水功能区主要分布在水流不畅易发生滞流的水域,水体污染源和降水可能是影响评价结果的主要因素。选择达标评价方法时应综合考虑水功能区水质变化特征、水生态系统对水质响应关系、水质评价结果的历史连贯性和实际管理可行性等多方面因素。

关键词:水功能区;达标评价;年均值法;频次法;比较

中图分类号:X824

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)06-0077-04

水功能区达标评价与考核是落实最严格水资源管理制度以及河长制与湖长制的重要内容,也是当前开展水污染防治和加强水功能区管理的重要抓手。水功能区达标评价包含单个水功能区达标评价和流域(区域)水功能区达标评价。根据《地表水资源质量评价技术规程》(SL395-2007)^[1]和《全国重要江河湖泊水功能区水质达标评价技术方案(修订稿)》(办资源[2016]91号),单个水功能区的时段或年度水功能区达标评价方法主要采用年均值法或频次法。然而,有学者指出对于相同的水质数据,两种评价方法的结果可能会显著差异。殷世芳结合河南省水功能区监测情况,分析了影响水功能区达标率评价的诸多因素,指出评价方法的确定带有一定的主观性,科学合理的评价方法需要充分考虑各种客观影响因素,采用年均值评价与单次年度百分比评价会有差别^[2]。王佳等引入P-型曲线等数据统计方法,从水质监测数据结构特征进行分析,提出年均值法和频次法的适用条件和范围,并在大凌河流域和沱江流域得到较好的应用^[3]。但是,目前采用相同

水质数据定量比较年均值法和频次法评价结果差异的研究报道较少。

本研究以地处太湖流域的S市W区2013年至2017年64个水功能区水质数据为例,分别利用年均值法和频次法开展全区水功能区达标评价,比较两种方法对于水功能区达标评价的影响,分析两种评价方法的主要适用范围,为科学合理地选择正确的评价方法提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区域选择地处太湖流域下游的W区,全区国土面积为1176km²,境内河流湖泊众多,流域性河道纵横境内,水面率超过20%,属于典型的南方平原河网区;区域内社会经济发达,是长三角地区先进制造业基地,也是水乡旅游、度假重要目的地,承担区域性生态调节功能。W区共有64个水功能区,一级水功能区有保护区、缓冲区和开发利用区三种类型,其中开发

收稿日期:2018-02-01

基金项目:南京水利科学研究院基本科研业务费项目(Y516013,Y517001,Y917014)

作者简介:吴建斌(1973-),男,江苏吴江人,工程师,主要从事水资源管理工作。E-mail:102364722@qq.com

通讯作者:陆海明(1978-),男,江苏射阳人,高工,主要从事水资源保护与生态水利学研究。E-mail:cnlhm@126.com

利用区中二级水功能区类型包括景观、娱乐用水区,工业农业用水区和渔业、工业、农业用水区。

1.2 水质数据

2013~2017年,该区常规水质监测指标为地表水环境质量标准(GB3838-2002)^[4]表1中23项水质指标,湖库增加叶绿素a与透明度,饮用水源保护区和饮用水源区增加硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁和锰5项。监测频次分单双月进行,双月监测重点水功能区,单月全覆盖监测。

1.3 水功能区达标评价方法

1.3.1 年均值法

年均值法的水功能区达标评价基于年度(时段)内水质指标评价达标结果,其数学表达式为:

$$\bar{C}_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_i$$

式中: \bar{C}_i 为某水质指标浓度的平均值; C_i 为第*i*个样本中某水质指标浓度; m 为样本个数。依次求出该水功能区全部水质指标的平均值,根据各个指标的平均值判断水功能区是否达标。

1.3.2 频次法

频次法的水功能区达标评价是基于各水功能区单次达标评价结果。在评价年度(时段)内,达标率大于80%的水功能区为年度(时段)达标水功能区^[3]。年度(时段)水功能区达标率计算式为:

$$D = G/N \times 100\%$$

式中: D 为年度(时段)水功能区达标率; G 为年度(时段)水功能区达标次数; N 为时段或年度水功能区评价的总次数。

1.4 达标评价指标

2013~2017年水功能区水质数据分析结果表明,W区水质超标项目主要为溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、五日生化需氧量

(BOD₅)及总氮(TN)等常规项目。当前,我国水功能区限制纳污红线主要控制指标为化学需氧量(高锰酸盐指数)和氨氮,随着太湖流域综合治理的深入,水体总磷浓度也成为重要的流域水体污染控制指标。在实际工作中,进行单次水功能区达标评价时考虑的评价指标可以分为三种情况,一是“全因子评价指标”,主要包括DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TP、BOD₅及TN等6个常规指标,二是“三因子评价指标”,主要为COD_{Mn}、NH₃-N与TP;三是“双因子评价指标”,主要为COD_{Mn}与NH₃-N。本文将分别采用不同评价指标类型研究年均值法和频次法对水功能区达标率的影响。

2 结果与讨论

2.1 对区域水功能区达标率影响

近年来,随着太湖流域水环境综合治理力度加大,W区河网水系水质逐渐好转,水功能区达标率稳步提高。2013年至2017年期间,采用双因子和三因子评价指标结果均表明,年均值法和频率法评价研究区域水功能区达标率均呈上升趋势。评价指标分别为双因子、三因子和全因子,采用年均值法评价,2013~2017年水功能区平均达标率分别为76%、54%和3%;采用频次法评价时,平均达标率分别为58%、30%和1%。采用年均值法评价区域水功能区达标率普遍高于频次法,评价指标为双因子、三因子和全因子年达标率前者分别高于后者18%、24%和2%,见表1。

2.2 对不同水质指标达标率的影响

5年期间,研究区域6个水质评价指标年均值法达标率总体高于频次法,两种评价方法达标率差值DO>BOD₅>NH₃-N、COD_{Mn}、TP>TN,两种方法DO达标率平均相差30%,BOD₅达标率平均相差24%,TN达标率平均相差2%。COD_{Mn}、NH₃-N、TP单项因子评价年均值法达标率分别高于频次法11%、12%、14%,见表2。

表1 评价指标分别为双因子、三因子及全因子的区域水功能区达标情况比较

Table1 Comparison of water function zone evaluation in the research area based on two factors, three factors and comprehensive factors

年份	双因子			三因子			全因子		
	年均值法	频次法	差值	年均值法	频次法	差值	年均值法	频次法	差值
2013年	73%	52%	22%	50%	28%	22%	2%	2%	0%
2014年	72%	52%	20%	50%	25%	25%	6%	2%	5%
2015年	73%	58%	16%	53%	33%	20%	5%	3%	2%
2016年	83%	61%	22%	56%	30%	27%	0%	0%	0%
2017年	78%	66%	13%	63%	34%	28%	2%	0%	2%
平均值	76%	58%	18%	54%	30%	24%	3%	1%	2%

表2 两种评价方法对2013~2017年不同水质指标达标评价影响

Table2 Effects of two evaluation methods on the results for various water quality indicators during 2013-2017

年份		2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	平均值
DO	年均值法	81%	88%	89%	86%	91%	87%
	频次法	50%	56%	61%	55%	63%	57%
	差值	31%	31%	28%	31%	28%	30%
BOD ₅	年均值法	69%	63%	48%	89%	83%	70%
	频次法	33%	38%	44%	70%	50%	47%
	差值	36%	25%	5%	19%	33%	24%
NH ₃ -N	年均值法	78%	81%	86%	98%	94%	87%
	频次法	64%	63%	73%	91%	89%	76%
	差值	14%	19%	13%	8%	5%	12%
COD _{Mn}	年均值法	89%	83%	86%	84%	81%	85%
	频次法	73%	77%	75%	70%	72%	73%
	差值	16%	6%	11%	14%	9%	11%
TN	年均值法	3%	6%	6%	2%	2%	4%
	频次法	2%	5%	5%	0%	0%	2%
	差值	2%	2%	2%	2%	2%	2%
TP	年均值法	64%	70%	77%	69%	81%	72%
	频次法	52%	56%	55%	55%	72%	58%
	差值	13%	14%	22%	14%	9%	14%

2.3 两种方法评价结果差异的水功能区统计

2013~2017年NH₃-N、COD_{Mn}、TP三个评价指标的年均值法和频次法评价结果存在差异的水功能区统计如表3所示,评价结果差异的水功能区占水功能区总量的41%。5次水功能区达标评价结果中出现1次差异的水功能区最多,单项因子COD_{Mn}、NH₃-N、TP分别为17个、18个和12个,分别占有所有水功能区的27%、28%和19%;评价结果中出现2次差异的水功能区中,单项因子COD_{Mn}、NH₃-N、TP评价结果差异的个数分别为5、5和11;评价结果出现3次差异的水功能区中,单项因子COD_{Mn}、NH₃-N、TP评价结果差异的个数分别为4、3和2;评价结果出现4次差异的水功能区个数为1个,评价项目为TP。评价指标中COD_{Mn}和NH₃-N评价结果不同的水功能区个数基本相同,TP评价结果有2年不一致的水功能区个数明显多于COD_{Mn}和NH₃-N,而有1年评价结果不一致的水功能区个数少于COD_{Mn}和NH₃-N。TP评价结果不一致的水功能区包括2个湖泊水功能区,而COD_{Mn}和NH₃-N不包括湖泊。

3 讨论

年均值法和频次法两种评价方法相互独立,评价

表3 五年期间两种方法评价结果不同的水功能区个数统计

Table3 The numbers of water function zone with different evaluation results by two methods

年份数	COD _{Mn}		NH ₃ -N		TP	
	水功能区个数	比例	水功能区个数	比例	水功能区个数	比例
1	17	27%	18	28%	12	19%
2	5	8%	5	8%	11	17%
3	4	6%	3	5%	2	3%
4	0	0%	0	0%	1	2%
合计	26	41%	26	41%	26	41%

结果可能不同,方法选择过程中有一定的主观性和随意性。理论上,年均值法评价达标的水功能区,利用频次法也有可能不达标,反之亦然。当受上游突发污染事件或者企业污水偷排影响,正常情况下水质较好的河道型水功能区全年12次水质监测数据中,有1到2次污染物浓度远超过标准浓度,其它时间浓度均较低,全年平均值浓度受个别极大值影响超标,频次法评价则达标,本研究区域没有出现上述情况。另一种情形是,污染源相对稳定,水质受降水影响较大时,某个水功能区全年12次监测数据中在枯水季节或者受

面源污染影响累计超过3次的超标,但是超标倍数较低,而在没有超标时水体污染物浓度较低,全年污染物浓度平均值没有超标,但是超标频次比例超过全年的80%,频次法评价不达标。以2015年HJG水功能区为例,水质目标为Ⅲ类,全年12次每月一次的氨氮监测结果中1月、2月和11月测定值分别为1.42mg/L、1.40mg/L和1.23mg/L,全年平均值为0.66mg/L。该功能区2015年氨氮频次法评价,12次有9次达标,达标率为75%,全年不达标;全年平均值小于1mg/L,全年达标。

本研究区域为太湖流域平原河网区,两种方法评价结果差异主要表现为水功能区年平均值法达标,频次法不达标,年平均值达标率超过频次法达标率。水功能区水质主要受当地污染物相对稳定排放和降水影响。研究期间多次出现两种评价方法结果不一致的水功能区主要分布在河流水流不畅易发生滞流现象的区域,河流自净能力较差,枯水时期发生滞流时易出现污染物累积现象,水体污染物浓度降低主要靠降雨径流稀释。研究期间,水功能区出现两种评价方法有1次结果不一致带有一定的偶然性,TP评价结果不一致的次数超过2次以上的水功能区明显多于COD_{Mn}和NH₃-N,与其污染物浓度不仅受外源污染物输入影响外,可能还与底泥释放形成的内源污染影响有关。相对于年平均值法,研究区域水功能区评价采用频次法得到的区域水功能区达标率较低,对于区域水功能区水质要求更高,非汛期枯水时期是污染源排放控制和水功能区达标提升的主要时期。

年平均值法是年内水质评价指标的平均值,它可以反映某年内各个水质评价指标的整体水平高低,当水质评价指标数据整体的离散程度较小时,年平均值可以较好地反映年内水质评价指标的整体情况。频次法需要对每次监测的水质数据进行评价,能够比较完整地描述水质年内变化过程。当数据离散程度较大时,频次法利用达标频次能够较好地描述水功能区年度水质变化情况。从水质评价指标看,当水功能区水生态系统具有较强的自净能力,对于水体污染物浓度短期内发生超标现象不是很敏感时,可以采用频次法,例如河道型水功能区总磷评价指标;若水功能区水生态系统自净能力较差,全年均有较高水质要求,水质指标数据离散程度不大时,可以采用年平均值法,例如水源地中氨氮和高锰酸盐指数。水功能区达标评价主要是为水功能区管理服务,不仅需要考虑水功能区水质变化、污染过程特

征以及水生态系统对水质超标的响应关系,而且要考虑评价结果的历史连贯性和实际管理可行性等多方面因素综合确定评价方法。

4 结论

以太湖流域平原河网区典型区域W区为例,比较年平均值法和频次法开展水功能区达标评价结果差异,结果表明:

(1)采用年平均值法评价区域水功能区达标率高于频次法。研究区域5年(2013~2017年)评价结果表明,采用双因子(NH₃-N和COD_{Mn})年平均值法高于频次法19%,采用三因子(NH₃-N、COD_{Mn}和TP)年平均值法高于频次法24%。

(2)单项水质因子年平均值法达标率总体高于频次法,两种评价方法DO达标率平均差值为30%,BOD₅达标率平均差值24%,COD_{Mn}、NH₃-N、TP达标率平均差值介于11%~14%,由于两种评价方法TN达标率均较低,因此两种方法差值平均值仅为2%。

(3)两种方法评价结果不一致的水功能区占全部功能区数量的41%,COD_{Mn}、NH₃-N、TP单项因子评价结果中出现2~4次差异的水功能区个数分别为9、8和14。多次出现两种评价方法结果差异的水功能区主要分布在水流不畅易发生滞流的水域,水体污染源和降水特征可能是影响评价结果的主要因素。

(4)应综合考虑区域污染源和水质变化特点、水质评价结果的历史连贯性和实际管理工作需求等因素选择合适的达标评价方法。

参考文献:

- [1] SL395-2007, 地表水资源质量评价技术规程[S]. (SL395-2007, Technological Regulations for Surface Water Resources Quality Assessment[S]. (in Chinese))
- [2] 殷世芳.水功能区达标率评价及影响因素分析[J].人民黄河,2012,34(5):38-39. (YIN Shifang. Functional areas of water compliance rate evaluation and its influencing factors [J]. Yellow River,2012,34(5): 38-39. (in Chinese))
- [3] 王佳,魏文杰,董飞,等.基于数理统计的水功能区达标评价方法[J].水资源保护,2016,32(1):54-160. (WANG Jia, WEI Wenjie, DONG Fei, et al. Research on water function area evaluation based on mathematical statistics method [J]. Water Resources Protection, 2016,32(1):154-160. (in Chinese))
- [4] GB3838-2002, 地表水环境质量标准[S]. (GB3838-2002, Environmental Quality Standards for Surface Water [S]. (in Chinese))

(下转第96页)

(上接第 36 页)

Relationship between Groundwater in Western Jinan and Jinan Spring Area Based on Correlation Degree of Water Table Fluctuation

ZHANG Zhengxian^{1,2}, WANG Weiping^{1,2}, XIANG Hua³, GAI Yanru³, LI Fengli^{1,2}

(1.School of Water Conservancy and Environment, University of Jinan, Jinan 250022, China; 2. Shandong Groundwater Numerical Simulation and Pollution Control Engineering Technology Research Center, Jinan 250022, China; 3. Hydrology Bureau of Jinan City, Jinan 250002, China)

Abstract:Jinan is famous for its “Spring City”. In recent years, the acceleration of urbanization and increase in groundwater exploitation have a certain impact on the Spring waters spewing of Jinan city. This paper analyzed the fluctuation of karst water table in the villages of Dujiamiao, Nanbali and Zhujiazhuang in the downstream of the Yufu River in western Jinan during 2014–2017, and the Baotu Spring and Black Tiger Spring in the spring area of Jinan City. Based on the calculation of the fluctuating range of groundwater table, the groundwater relationship between western Jinan and spring area was studied based on the gray relational analysis method of the point of view of the relevance to water table fluctuation in a new evaluation index. The spring protection, and urban water supply to provide a basis for exploration. Taking 15 days as the period of average groundwater table calculation, the correlation degree of water table fluctuation in the whole year was calculated first, and then the calculation results of the correlation degree were divided into three periods: April–July, August–November and December–next March. The fluctuation correlation degree of western Jinan and Jinan Spring catchment were analyzed, respectively. The results show that the correlation between December and next March is the least disturbed by the outside world. During this period, the mean value of the correlation between the water table fluctuation in western Jinan and Jinan spring area is 0.854, which is a high correlation, the variation law of the groundwater table very similar, there is a strong connection between the two groundwater systems.

Key words: western Jinan; spring area; groundwater table; water table fluctuation correlation degree; spring protection

(上接第 80 页)

Influence of Annual Averaging Method and Exceeding Frequency Method on Water Function Area Compliance Evaluation

WU Jianbin¹, LU Haiming², SUN Xiang², LI Xiaohong²

(1.Wujiang Water Resources Bureau of Suzhou City, Suzhou 215200, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology–Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract:Water function area compliance evaluation plays a vital role in implementing the strictest water resources management system and water pollution control. Annual Averaging Method (AAM) and Exceeding Frequency Method (EFM) are the two main methods for water function area compliance evaluation. Water quality data of sixty–four water function areas during 2013–2017 were selected to investigate the difference between two methods in W district of S city from the plain river network of the Taihu Basin. The results show that regional compliance rates of AAM are 18% and 24% higher than those of EFM respectively, based on two factors (COD_{Mn} and NH₃-N) and three factors (COD_{Mn}, NH₃-N, TP). Regional compliance rates of AAM are 11%, 12% and 14% higher than those of EFM for COD_{Mn}, NH₃-N, TP as being single factor. The number of water function areas with different evaluation results occupy 41% of all of the water function areas. Those water function areas without the same evaluation results are mainly distributed in the area where streamflow is often sluggish and prone to be standstill. Water pollution source and rainfall might be the key factors affecting the assessment results. Comprehensive consideration of water quality characteristics, the response of aquatic ecosystem on water quality, historical consistency of evaluation outcomes and practical management feasibility should be taken carefully when choosing compliance evaluation method.

Key words: water function area; compliance evaluation; annual averaging method (AAM); exceeding frequency method (EFM); comparison