

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2012.06.010

贴近度法在湘江干流水质监测断面优化中的应用

续衍雪¹, 郑丙辉¹, 刘 琰¹, 秦延文¹, 罗岳平², 廖月华²

(1. 中国环境科学研究院国家环境保护河口与海岸带环境重点实验室, 北京 100012;
2. 湖南省环境监测中心站, 湖南 长沙 410014)

摘要:为了合理设定水质监测断面, 节约监测成本, 以湘江干流为研究区, 选用贴近度法对湘江干流18个监测断面进行优化, 采用 t 值检验法对优化结果进行验证, 并结合水环境管理的实际需求, 对优化结果进行了修正, 结果优化后的湘江干流监测断面减少为17个, 且优化后断面所反映的水质与优化前无显著差异, 表明贴近度法在水质监测断面优化中实用性较好, 但需结合实际情况, 使优化结果更具应用价值。

关键词:贴近度法; 水质监测; 断面优化; t 值检验; 湘江干流

中图分类号: X832 文献标志码: A 文章编号: 1004-6933(2012)06-0046-03

Application of similarity method to optimization of water quality monitoring sections of main stream of Xiangjiang River

XU Yan-xue¹, ZHENG Bing-hui¹, LIU Yan¹, QIN Yan-wen¹, LUO Yue-ping², LIAO Yue-hua²

(1. State Environmental Protection Key Laboratory of Estuary and Coastal Environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;
2. Hunan Environmental Monitoring Center, Changsha 410014, China)

Abstract: In order to properly set up water quality monitoring sections and to save monitoring costs, the similarity method was used to optimize 18 monitoring sections of the main stream of the Xiangjiang River. The optimization results were verified by t -tests and were modified according to the actual demand of water environmental management. The results show that the number of the water monitoring sections was reduced to 17 after optimization, and t -tests verified that the water quality information before and after optimization had no significant difference, indicating that the similarity method has practicability for optimization of water quality monitoring sections. However, it is necessary to consider the actual requests to make the optimization results more applicable.

Key words: similarity method; water quality monitoring; section optimization; t -test; main stream of Xiangjiang River

设置水质监测断面是开展水质监测工作的重要环节。合理设置水质监测断面, 不仅能够保证水质监测数据的代表性, 而且能够节约监测成本。目前监测断面优化的方法主要有贴近度法^[1]、聚类分析法^[2-3]、主成分分析法^[4-5]、统计计算方法^[6]、均值偏差法^[7]、经验公式法等。

本研究以湘江干流为研究区, 采用贴近度法优化水质监测断面, 并采用 t 值检验法对优化结果进行验证。

1 研究方法

贴近度法是采用监测数据与水质标准之间的贴

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07528-002-01)

作者简介: 续衍雪(1984—), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事水环境管理与评价研究。E-mail: xuyanxue1018@126.com

通信作者: 刘琰, 副研究员。E-mail: liuyan@craes.org.cn

近度,并依据贴近度的大小对监测点进行科学合理的聚类,再从每类中选出代表点位,最后实现点位优化的目标^[8]。

该方法首先要进行数据的标准化,然后找出各监测点多指标参数中每个指标的最大或最小值,将这些单指标的最大值或最小值合成为一个虚拟的“最优值”或“最差值”,即最大点与最小点集合,求出各个样本点及标准值点与该两虚拟点之间的距离,再根据它们的距离值计算出各样本点与选取的标准值点之间的贴近度(可任意选取一个监测断面为标准点),即可为各水质监测点的优化提供计算判断的依据。

第*i*个样本点与最优点的距离 d_{i-G} 及最差点的距离 d_{i-B} 的计算公式分别为

$$d_{i-G} = \left[\sum_{j=1}^n \alpha_j (r_{ij} - (r_{ij})_G)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$d_{i-B} = \left[\sum_{j=1}^n \alpha_j (r_{ij} - (r_{ij})_B)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中: r_{ij} 为标准化值, $(r_{ij})_G$ 和 $(r_{ij})_B$ 分别为各指标的最大点集合及最小点集合, n 为指标个数, α_j 为第*j*个指标在水质评价中的权重(因为每个指标在评价中的权重都是相同的,所以认为 $\alpha_j = 1$)。

第*i*个样本点与标准值点的贴近度 c_{i-m} 的计算公式为

$$c_{i-m} = \frac{1}{2} \left(\frac{d_{m-G}}{d_{i-G}} + \frac{d_{i-B}}{d_{m-B}} \right) \quad (3)$$

式中: d_{m-G} 为标准点与最优点距离, d_{m-B} 为标准点与最差点距离。

贴近度法通过计算数值得出各个断面与标准值的量化距离,它可以定量描述各个断面的相似程度,具有概念明确、计算简便、形象直观、结论唯一等特点。

2 湘江干流监测断面优化

2.1 研究区及数据来源

湘江是长江的主要支流之一,为湖南省最大河流,其水质状况对湘江流域经济发展和人民生活有着重要影响。目前,湘江干流自上而下布设有绿埠头、港子口、归阳镇、松柏下、黄茶岭、熬洲、朱亭镇、枫溪、白石、霞湾、马家河、五星、易家湾、昭山、猴子石、三汊矶、乔口、樟树港等18个水质监测断面。本研究所采用的数据为溶解氧、高锰酸钾指数、化学需氧量、生化需氧量、氨氮、总磷、氟化物、硒、砷、汞、镉、阴离子、粪大肠菌群等13项代表性指标2006—2009年的月平均监测数据。

2.2 断面优化结果

首先计算出各断面13项指标的年均值,然后对

数据进行标准化,辨识出最优点以及最差点。结果如下:最优点 = {0.2128, 0.1068, 0.1518, 0.0313, 0.0306, 0.06, 0.0783, 0.005, 0.037, 0.0143, 0.01, 0.0408, 0.0076};最差点 = {0.2815, 0.3132, 0.3304, 0.2463, 0.4279, 0.2456, 0.2417, 0.14, 0.3648, 0.0535, 0.305, 0.2192, 4.5322}。

选取樟树港断面为标准点,然后通过公式(1)~(3)分别计算出各断面与最优点和最差点之间的距离和贴近度值,计算结果见表1。

表1 湘江干流各断面与最优点和最差点的距离和贴近度值

断面名称	最优点距离	最差点距离	贴近度值
绿埠头	0.045	20.985	3.474
港子口	0.106	20.868	1.812
归阳镇	0.074	20.091	2.330
松柏下	0.296	19.671	0.972
黄茶岭	0.368	16.897	0.811
熬洲	0.210	19.628	1.154
朱亭镇	0.207	19.750	1.167
枫溪	0.148	19.728	1.421
白石	0.178	19.149	1.256
霞湾	0.234	18.691	1.065
马家河	20.770	0.126	0.010
五星	9.980	2.119	0.070
易家湾	3.573	7.403	0.235
昭山	4.133	6.621	0.209
猴子石	2.834	8.542	0.275
三汊矶	10.414	1.965	0.065
乔口	3.917	6.910	0.218
樟树港	0.265	18.724	1.000

贴近度值相近表明断面的综合水质情况基本相同,可以归为一类。可找出贴近度值相近的断面,对其进行取舍优化。由表1可见,朱亭镇断面与熬洲断面贴近度值相差很小,表明两监测断面综合水质情况基本相同,可只保留其中一个断面;五星断面与三汊矶断面总体水质状况相差不大,建议保留其中一个断面;昭山断面与乔口断面总体水质状况相差不大,建议保留其中一个断面。

3 方法验证

为了判断采用贴近度法进行断面优化结果的准确性,可采用*t*值检验法^[9]来进行验证。该验证方法可以反映出贴近度值相近的两个断面所反映的水质信息是否具有的一致性。

3.1 *t*值检验原理及步骤

*t*值检验方法属于统计检验法,又称假设检验法或检验假设法,是统计推断的一个重要组成部分。其内容是,对总体某个参数给定一个值,即提出一个假设,然后对用子样算出的相应的统计量加以检验。在实验数据处理中常用到统计检验,以往需要查表

来确定统计检验的临界值,根据程序计算出统计量的结果,经比较后下结论^[10]。

t 值检验首先计算算术平均值 \bar{X} 以及标准偏差 S ,然后计算 t 值,计算公式为

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \quad (4)$$

式中, n 为样本数, μ 则由显著性水平 α 及自由度为 $n-1$ 的 $t_{1-\alpha}$ 来计算。

选择检验显著性水平 α ,查 t 分布分点表获得自由度为 $n-1$ 的 $t_{1-\alpha}$,计算 μ :

$$\mu = t_{1-\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

然后进行统计推断,如果 $(C-\bar{X}) > \mu$ (C 为监测指标的质量浓度),则断定监测结果小于标准值,样品之间没有显著性差异。如果 $(C-\bar{X}) < \mu$,则断定监测结果大于标准值,样品之间有显著性差异。通常 μ 值取 0.05。

3.2 t 值检验验证

通过贴适度法可得出结论,朱亭镇与熬洲、五星与三汉矶、昭山与乔口两两断面所反映的综合水质情况基本相同。下面运用 t 值检验法对上述两两断面进行检验。

运用 SPSS 软件进行 t 值检验,录入熬洲断面与朱亭镇断面标准化后的数据,选择分析项目中的独立样本 t 检验选项,点击确定即可输出结果。统计结果见表 2。

表 2 熬洲断面与朱亭镇断面的统计数据结果

断面名称	指标数/个	平均值	标准差	均值标准差
熬洲	13	0.1648	0.08316	0.02306
朱亭镇	13	0.1568	0.09291	0.02577

通过 SPSS 软件计算出 t 值为 24, μ 为 0.819,大于显著水平 0.05,表明两个样本总体均值无显著差异,综合水质状况相近,即朱亭镇断面的监测数据信息完全可以代替熬洲断面监测数据信息。

同理,将五星断面与三汉矶断面标准化后的数据录入 SPSS 软件,进行 t 值检验,计算出 μ 为 0.986,大于显著水平 0.05,表明两个样本总体均值无显著差异,综合水质状况相近,五星断面的监测数据完全可以代替三汉矶断面监测数据。选取昭山断面与乔口断面标准化后的数据录入 SPSS 软件,进行 t 值检验,计算出 μ 为 0.952,大于显著水平 0.05,表明两个样本总体均值无显著差异,综合水质状况相近,昭山断面监测数据完全可以代替乔口断面监测数据。

由上述 t 值检验可以看出,通过贴适度法计算出数值相近的两断面之间的差异不显著,表示两两

断面的水质总体差距相差不大,水质情况基本相同,一个点位的信息可代替另一个点位的信息,贴适度法对湘江干流段监测断面优化结果比较准确。

4 优化结果的可行性分析

贴适度法对监测断面的优化只是一种理论上的计算,而实际上,监测断面的设置除考虑水质的代表性外,还需考虑水环境管理的实际需要,如污染源监测、跨界水体管理以及重要水环境功能区管理的需要等。结合湘江流域水环境管理的实际需求,对贴适度法优化结果的可行性进行分析:朱亭镇断面是衡阳市与株洲市的交界断面,三汉矶断面是支流浏阳河入湘江断面,昭山断面是湘潭市与长沙市的交界断面,由于“十二五”期间,要推行流域生态补偿和排污权交易政策,市州交界断面必须监测,因此,上述 3 个断面应予以保留。此外,五星断面和乔口断面分别是湘潭市和长沙市望城区的饮用水水源地监测断面,为保障饮水安全,这 2 个断面也应保留。因此,根据贴适度法的优化结果,结合实际水环境管理需要,建议去除熬洲断面,保留其余的 17 个断面。

5 结 语

选用贴适度法对湘江干流 18 个监测断面进行优化研究,并结合湘江流域水环境管理的实际需求,对贴适度法优化结果的可行性进行分析,建议去除熬洲断面,保留其余 17 个监测断面。优化后的 17 个断面完全可以反映原有监测断面的水质信息,能够准确地反映湘江干流的水质状况,同时也节约了监测成本。

贴适度法在水质监测断面优化过程中具有一定的应用价值, t 值检验也证明了该方法的准确性,但贴适度法只是一种理论上的断面优化方法,仍需结合水环境管理的实际需求,对理论上的优化结果进行修正。

参考文献:

- [1] 张亦飞,杨晓兰,张健. 动态贴适度法及其在水质监测点优化布设中的应用[J]. 安全与环境学报,2006,6(3):110-112.
- [2] 周志军,潘三军,杨培慧. SPSS 模糊聚类分析法在水质监测断面聚类分析中的应用[J]. 仪器仪表与分析监测,2007(4):32-35.
- [3] 杜宝汉,邹锐. 洱海地面水环境监测优化布点研究[J]. 云南环境科学,1996,15(4):56-59.
- [4] 韩波,林华荣. 主成分分析在水质监测优化布点中的应用[J]. 中国环境监测,1991,7(1):12-13.

(下转第 54 页)

而在有条件的地区充分利用现有的水利工程,采取引清冲污,发挥当地的水资源优势及闸控条件改善水环境,可以促进水体的良性循环。

a. 建立了一维河网水质模型,并利用实测水质数据对模型进行了验证,效果令人满意,表明模型适用于外秦淮河引水调度模式的研究。

b. 利用该模型对外秦淮河不同引水规模、闸控方式和引水方式的引调水方案进行了水量水质的数值模拟,计算结果表明引水可以改善河道水质,引水量越大,改善作用越明显。枯季从秦淮新河闸引水工况为 $50 \text{ m}^3/\text{s}$,外秦淮河水质 COD 质量浓度可达Ⅳ类水, $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度达到Ⅴ类水;汛期,石臼湖引水工况为 $60 \text{ m}^3/\text{s}$,外秦淮河水质 COD 质量浓度可达Ⅲ类水, $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度达到Ⅴ类水。

c. 根据模拟结果以及考虑外秦淮河引水量的沿程损失、引水的间隙性和污染物不连续排放特点,可以得到下列结论:枯水期,建议引水工况取 $50 \text{ m}^3/\text{s}$,即取水量为 432 万 m^3/d ,以达到Ⅴ类水质标准。汛期首先考虑从石臼湖自流引水,实际引水工况控制在 $50 \sim 60 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上为佳;若石臼湖不能满足自流条件,则需要从长江引水,以改善外秦淮河水质。

参考文献:

[1] 徐祖信. 河流污染治理技术理论与实践[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2003: 498-545.

[2] 卢士强,徐祖信,罗海林,等. 上海市主要河流调水方案的水质影响分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2006,34(1): 32-36.

[3] 徐祖信,卢士强. 平原感潮河网水质模型研究与应用[J]. 水动力学研究与进展, 2003, 18(2): 182-188.

[4] XU Zu-xin, LU Shi-qiang. Study on hydrodynamic model for tidal plain river-networks [J]. Journal of Hydrodynamics, Ser B, 2003, 15(2): 64-70.

[5] 徐祖信,罗海林,屠鹤鸣. 苏州河调水对水质的改善作用分析[J]. 上海环境科学, 2003,22(增刊): 43-46.

[6] 刘云华,董增川,李朝方,等. 深圳河湾水系水质改善引调水工程[J]. 水资源保护, 2008,24(3): 31-34.

[7] 郑建中,王苓,尤征懿,等. 调水引流对太湖无锡水域湖流的影响[J]. 水利水文自动化, 2009(4): 47-50.

[8] 徐贵泉,褚君达. 上海市引清调水改善水环境讨论[J]. 水资源保护, 2001(3): 26-30.

[9] 唐礼智,汤建中. 上海市苏州河段水质污染综合治理研究[J]. 地理学与国土研究, 2001,17(4): 81-84.

[10] 应荣弟,徐华. 改善崇明岛河网水质引清调水量计算[J]. 吉林水利, 2006(4): 6-8.

[11] 褚君达. 河网对流输移问题的求解及应用[J]. 水利学报, 1994(10): 14-23.

[12] CHU Jun-da, XU Hui-ci, YE Zu-de, et al. Unsteady water quality model with multiparameter for the river network [R]. Hong Kong: Proc Inter Sympo Envir Hydraulics, 1991.

[13] 褚君达,徐慧慈. 河网水质模型及其数值模拟[J]. 河海大学学报, 1992,20(1): 16-22.

[14] BRIAN R B, JOHN C I, JOHN L K, et al. Hydrological simulation program-fortran, hspf, user's manual [M]. California: AQUA TERRA Consultants. Mountain View, 2001.

[15] SHEN J, PARKER A, RIVERSON J. A new approach for a windows-based watershed modeling system based on a database-supporting architecture [J]. Environmental modeling and software, 2005(20): 1127-1138.

[16] 席燕萍,逢勇. 石臼湖引水改善秦淮河水环境研究[J]. 江苏环境科技, 2008,21(4): 6-8.

(收稿日期:2011-11-28 编辑:高渭文)

+++++
(上接第 11 页)

[6] 贾锁宝,马蕴芬,万晓凌. 1999 年梅雨期太湖暴雨洪水分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2002, 30(增刊 2): 72-75.

[7] 水利部太湖流域管理局. 太湖健康状况报告(2010 年)[R]. 上海:水利部太湖流域管理局, 2010.

[8] 张红举,禹雪中,马巍. 浅水湖泊纳污能力计算研究:以太湖为例[C]//中国环境科学学会第十三届世界湖泊大会论文集. 北京:中国农业大学出版社, 2009: 2185-2188.

(收稿日期:2012-01-29 编辑:徐娟)

+++++
(上接第 48 页)

[5] 蒲文龙,郭守泉. 主成分分析法在环境监测点优化中的应用[J]. 煤矿开采, 2004,9(4): 6-7.

[6] 陆德中,桂志成,李志亮. Excel 2000 在水质监测中的应用[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2007,24(2): 47-49.

[7] 姜欣. “均值偏差法”在河流水质监测断面优化中的应用[J]. 黑龙江环境通报, 2006,30(3): 44-45.

[8] 郭小青. 贴近度法优化城市内河水水质监测点[J]. 科技通报, 2005,21(3): 360-363.

[9] 陈鸿. t 检验在环境监测数据评价分析中的应用[J]. 福建环境, 2001,18(5): 43-44.

[10] 赵岩. 基于 Excel 的 t 检验方法[J]. 吉林化工学院学报, 2005,22(3): 56-58.

(收稿日期:2011-11-08 编辑:彭桃英)