

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.01.027

基于数理统计的水功能区达标评价方法

王佳¹, 魏文杰¹, 董飞², 姜国珍³, 张新华¹

(1. 四川大学水力学及山区河流开发保护国家重点实验室, 四川 成都 610065;
2. 中国水利水电科学研究院水环境研究所, 北京 100038; 3. 四川大学后勤集团, 四川 成都 610065)

摘要:在水功能区达标评价工作中,针对相同的水质数据,采用年均值法和频次法这两种水功能区达标评价方法评价,其评价结果可能截然不同。为了能够科学、合理地选择评价方法,笔者引入P-Ⅲ型曲线等数理统计分析方法,从水质监测数据结构特征进行了分析研究,得到了年均值法和频次法的适用条件和范围,当水质数据满足 $|C_v C_s| \leq 0.5$ 且 $|C_s| \leq 2$ 采用年均值法,反之采用频次法。此结论在大凌河流域和沱江流域的应用中得到了验证,同时解决了不同方法评价所产生评价结果的矛盾性,为水资源管理规划工作提供了有力的依据。

关键词:水功能区;达标评价;频次法;年均值法;P-Ⅲ型曲线

中图分类号:TV212.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)01-0154-07

Research on water function area evaluation based on mathematical statistics method

WANG Jia¹, WEI Wenjie¹, DONG Fei², JIANG Guozhen³, ZHANG Xinhua¹

(1. State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Chengdu 610065, China;
2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Water Environment Research Institute, Beijing 100038, China;
3. Logistics Group, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Different assessment results may be obtained through annual average method and frequency method evaluating water function zones with same water quality data, during water function area compliance evaluation work. In order to choose the evaluation method scientifically and reasonably, Mathematical statistics analysis methods including Pearson Ⅲ curve was introduced and the characteristic of water quality monitoring data was analyzed. In the end, the applying conditions and range of annual average method and frequency method are acquired. When the water quality data meeting $|C_v C_s| \leq 0.5$, $|C_s| \leq 2$, annual average method should be applied, otherwise frequency method should be chosen. Two case studies have been conducted in the northern Daling River basin and the southern Tuojiang River basin, respectively, to verify the conclusion. The contradiction between the evaluation results of different methods is solved, providing strong basis for water resource management and planning.

Key words: water function area; compliance evaluation; frequency method; annual average method; Pearson Ⅲ curve

2011年国务院批复了《全国重要湖泊水功能区划》,其中水功能区达标评价方法研究是全国重要湖泊水功能区评估体系的重要组成部分^[1-2]。随着水资源开发利用的要求越来越严格,以及人们环保

项目基金:中央分成水资源费项目(1261330111042);国家自然科学基金(51379137)
作者简介:王佳(1990—),女,硕士研究生,研究方向为水环境及水信息。E-mail: wozhixiawang@126.com
通信作者:张新华,教授。E-mail: xhzhang@scu.edu.cn

意识的增强,水功能区的监督和管理制度也越来越全面深入,其达标评价方法的选取及评价结果也备受关注。

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。单个水功能区达标评价又包括单次水功能区达标评价、单次水功能区主要超标项目评价、水期或年度水功能区达标评价、水期或年度水功能区主要超标项目评价。

单个水功能区达标评价应以其水质管理目标对应的水质标准为评价标准。目前,水质评价方法种类繁多,主要有单因子法、综合指数法、模糊综合法、灰色关联度法、主成分分析法等^[3-4]。但每种水质评价方法所依托的数学原理不尽相同,各个方法都具有优点和不足之处^[5-8]。在实际水功能区达标评价过程中,水质评价方法的选取将直接影响水质评价结果,从而影响水功能区达标评价的结果。本研究涉及的水质评价方法为单因子法。

单次水功能区达标评价首先需要根据规定的水质类别管理目标对水质类别进行达标评价。只有所有参评水质项目均满足水质类别管理目标要求的水功能区才达标,有任何一项不满足水质类别要求的水功能区均不达标。水期或年度水功能区达标评价应在各水功能区单次达标评价成果基础上进行。关于水功能区达标评价方法暂未形成统一的体系,根据 SL395—2007《地表水资源质量评价技术规程》及全国重要江河湖泊水功能区划,单个水功能区的水期或年度水功能区达标评价方法,常采用年均值法和频次法。然而,对于相同的水质数据,选取年均值法评价和频次法评价得出的结果可能会截然不同,因此研究年均值法和频次法选取的合理性显得尤为重要。殷世芳^[9]曾对水功能区达标评价及其影响因素进行了分析,指出评价方法的确定带有一定的主观性,科学、合理地确定评价方法需要充分考虑各种客观影响因素;蓝忠华^[10]阐述了水功能区达标评价的原则、标准以及频次法的定义;乔倩倩等^[11]指出了达标评价方法的盲点及其给水环境评价工作带来的问题,并提出了改进建议。但是,目前国内外对水功能区达标评价方法的合理性分析和适用范围的研究还比较少。

本研究应用 P-Ⅲ型曲线对离散的水质数据进行拟合,并运用数理统计等原理和方法,推导单个水功能区水质达标评价的年均值法和频次法的适用条件与范围,为科学合理地选择正确的评价方法提供理论和技术支撑,同时考虑到中国南方和北方河流可能存在较大差异,选择北方的大凌河流域及南方的沱江流域作为研究对象,分析验证本文提出的方

法与结果的合理性与可靠性。

1 水功能区达标评价方法比较

1.1 年均值法

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

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

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来判断水功能区是否达标。

1.2 频次法

基于频次法的水功能区达标评价是在各水功能区单次达标评价成果基础上进行的。在评价年度(水期)内,达标率大于(含等于)80%的水功能区为年度(水期)达标水功能区^[12]。年度(水期)水功能区达标率计算式为

$$D = \frac{G}{N} \times 100\% \quad (2)$$

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

1.3 两种方法的区别

年均值法表示年度(水期)内水质指标的平均情况,它可以反映出某年度(水期)内各个水质指标整体水平的高低。当水质指标数据整体的离散程度较小时,年均值可以较好地体现出年度(水期)内水质指标的整体情况。并且年均值法只需对水质指标整体的平均值进行一次评价即可,操作简单且省时。

频次法需要对每次监测的水质数据进行水质评价,能够比较完整地描述水质变化过程。当水质指标数据的离散程度较大时,年均值法不能很好地体现和代表该水功能区的水质变化情况,然而频次法运用达标频次却能够较好地描述水功能区年度(水期)内的变化状况。

两种评价方法相互独立,并未形成统一的评价体系,实际使用时,对于相同的水质监测数据,年均值法和频次法的评价结果可能不同,在达标评价方法的选择中,具有一定的主观性和随意性。

2 水功能区达标评价方法的适用范围分析

2.1 达标评价方法选取的决定因素

根据上述两种达标评价方法的特点及差异,可依据水质数据的离散程度来确定单个水功能区的达标评价方法。故选用偏差系数 C_v 、偏态系数 C_s 作

为达标评价方法选取的主要因素。

2.2 水质拟合曲线的选择

实际的水质监测工作中测得的均为离散的水质数据,为了方便研究,需要对离散的水质数据进行拟合,最终通过对拟合函数曲线的特点分析年均值法和频次法的适用条件。

P-Ⅲ型曲线常用于我国的水文现象研究与应用中,然而河流水质主要受这些水文条件的驱动和影响,并随不同水文情况发生改变,水质监测数据服从P-Ⅲ分布已有学者进行了充分论证^[13-16]。因此,本文选用P-Ⅲ型曲线对水质数据进行拟合。

2.3 达标评价方法适用范围的推导

首先推导年均值法的适用范围。为此,从概率密度函数曲线的特性和概率密度函数本身两个方面进行分析。

2.3.1 从概率密度函数曲线的特性考虑

P-Ⅲ型密度曲线的形状主要取决于参数 C_s ,当 $C_s > 0$ 时,可分为图 1 所示的 4 种情况^[17-18]：

- a. 当 $2 < C_s < \infty$ 时,左端以 $x = a_0$ 直线为渐近线,右端伸到无限,呈“乙”形,如图 1(a)；
- b. 当 $C_s = 2$ 时,为指数型密度曲线,仍呈“乙”形,但左端交于 $x = a_0$,右端趋近于 x 轴,如图 1(b)；
- c. 当 $\sqrt{2} < C_s < 2$ 时,左端起点处与 $x = a_0$ 相切,右端无限延长,密度曲线呈“铃”形,如图 1(c)；
- d. 当 $C_s < \sqrt{2}$ 时,起点处与 x 轴相切且相交,右端无限,密度曲线仍呈“铃”形,如图 1(d)。

将 P-Ⅲ型密度曲线与水功能区水质样本相结合,以样本浓度为横坐标,样本的概率密度为纵坐

标,建立水质密度曲线图。图 1(a)、(b)表示 $C_s \geq 2$ 时的概率密度曲线,此时多数样本值落在均值左边且距均值较远,可以认为均值不能很好地反应整体样本;当 $\sqrt{2} < C_s < 2$ 和 $C_s < \sqrt{2}$ 时,如图 1(c)、(d)中,样本值相对集中于均值附近,均值能够较好的反应整体样本。

当 P-Ⅲ型曲线为负偏分布($C_s < 0$),其密度曲线图形与正偏密度曲线图形关于 $x = \bar{x}$ 对称^[19-20],如图 2 所示。同上述分析,故负偏时,只需对 $-2 < C_s < 0$ 的情况进行分析。结合正偏和负偏两种情况,得到年均值法评价的先决条件,即 $|C_s| < 2$ 。

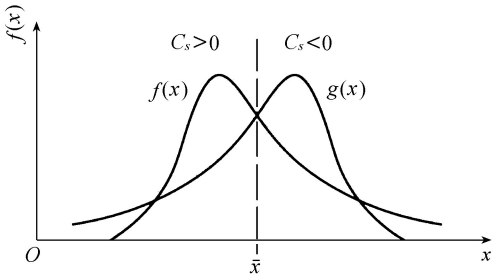


图 2 C_s 对密度曲线的影响

2.3.2 从概率密度函数的特性考虑

年均值法要求均值能够较好地代表整体数据的情况,因此选取概率密度函数的极值点对应的样本值(正偏时为 x_f ,负偏时为 x_g)作为研究对象,下面简述 x_f 和 x_g 的推导过程。

正偏分布的概率密度函数为 $f(x)$,负偏分布的概率密度函数为 $g(x)$,则 $f(x)$ 与 $g(x)$ 关于 $x = \bar{x}$ 对称,可得 $g(x) = f(2\bar{x} - x)$ 。

正偏时:

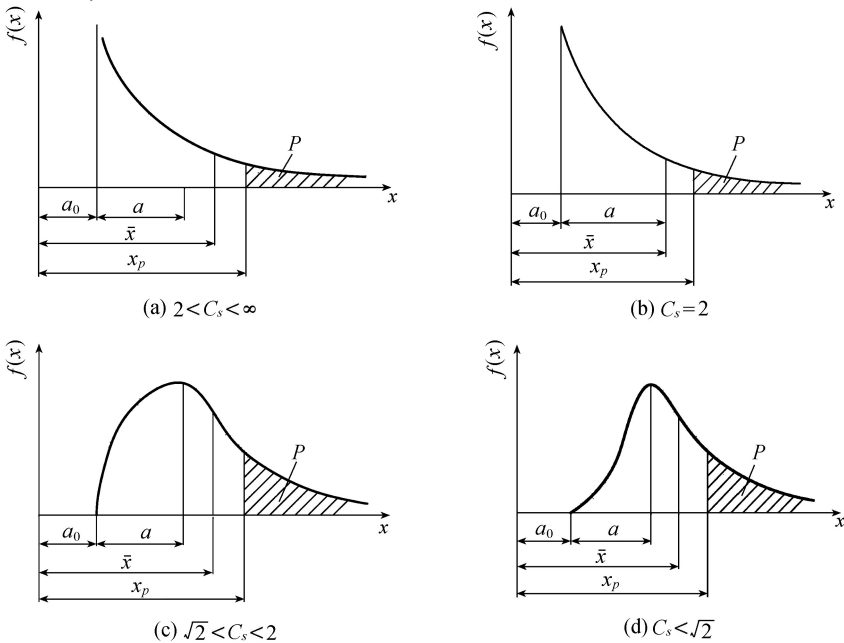


图 1 P-Ⅲ型密度曲线形状变化

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - a_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-a_0)} \quad (3)$$

负偏时:

$$g(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (2\bar{x} - x - a_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(2\bar{x}-x-a_0)} \quad (4)$$

式中: $\Gamma(\alpha)$ 为 α 的伽玛函数; x 为样本浓度; α, β, a_0 分别为 P-III 型分布的形状、尺度和位置参数, $\alpha > 0, \beta > 0$ 。

若函数取极值时, 对应的样本值有:

$$f'(x) = 0, \text{ 则 } (\alpha-1) = \beta(x-a_0);$$

$$g'(x) = 0, \text{ 则 } (\alpha-1) = \beta(2\bar{x}-x-a_0)。$$

由曲线图和参数关系可知:

$$\alpha = \frac{4}{C_s^2} \quad (5)$$

$$\beta = \frac{2}{\bar{x}C_sC_v} \quad (6)$$

$$a_0 = \bar{x} \left(1 - \frac{2C_v}{C_s} \right) \quad (7)$$

$$\text{可得: } x_f = \bar{x} \left(1 - \frac{C_vC_s}{2} \right) \quad (8)$$

$$x_g = \bar{x} \left(1 + \frac{C_vC_s}{2} \right) \quad (9)$$

从概率密度曲线图 1(c)、(d) 可以看出当 x_f, x_g 和均值 $\bar{x}$ 越靠近时, 则表示水质指标样本数据大多数落在均值 $\bar{x}$ 附近, 即可表示为 $\left| \frac{x_f - \bar{x}}{\bar{x}} \right| < \delta_1$ 和 $\left| \frac{x_g - \bar{x}}{\bar{x}} \right| < \delta_2$ 时, 化简后为 $|C_vC_s| \leq 2\delta = \lambda$ (λ 为分界点)。此时得到年均值法的适用范围为 $|C_vC_s| \leq \lambda$ 且 $|C_s| \leq 2$, 频次法的适用范围为 $|C_vC_s| > \lambda$ 或 $|C_s| > 2$ 。

下面针对 C_v, C_s, λ 值的确定进行探讨。

2.4 参数估计

上述方法所得出的适用条件涉及 P-III 型密度曲线中包含的 C_v, C_s 。由于水质情况是连续不断变化的, 但实际水质观测是定时观测, 因此监测工作是用有限的样本数据去估计总体分布线型中的参数, 故称为参数估计。

如何合理地估计参数, 将直接影响水质达标评价的结果, 参数估计在达标评价中至关重要。目前, 样本估计总体参数的方法很多, 由于水功能区达标评价的观测样本容量较小, 为了提高 C_s 的精度, 因此选取权函数法计算 P-III 型频率曲线参数 C_s , 选取矩法估计计算参数 C_v , 详细计算可见有关参考文献。

2.5 分界点 λ 值的确定方法

根据前面的分析, 达标评价方法的选取必须首

先确定分界点 λ 的值。分界点 λ 的确定是基于 $|C_vC_s|$ 值的计算结果, 为了研究 $|C_vC_s|$ 值的分布特点, 将所研究流域的每个水质指标所计算出的 $|C_vC_s|$ 值进行统计。由于年均值法是在离散程度比较小的情况下能够得到比较客观的判断, 因此, 主要研究于 $0 < |C_vC_s| < 1$ 范围内的 λ 值。首先划分区间, 划分原则是以 0 作为下限值, 按步长为 0.05, 分别取 20 个数值作为上限值, 从而产生 20 个区间 (即区间 $(0, 0.05), (0, 0.1), \dots, (0, 0.95), (0, 1)$), 并统计 $|C_vC_s|$ 在每个区间内的数量。然后插入以各个区间上限值为横坐标, 各个区间包含的数量为纵坐标的图, 根据图形特点, 用两段函数拟合这些散点。当拟合度最好时, 用这两段函数作为 $|C_vC_s|$ 值的分布函数。其中, 拟合的两条曲线的结点处 (两函数的交点) 作为 λ 值。

3 单个水功能区达标评价方法选取原则

综合上述推导分析, 可以得出流域水功能区达标评价的年均值法和频次法的适用范围及确定原则:

a. 针对研究流域全部水功能区, 计算出年度 (水期) 全部水质评价指标数据系列的统计参数 C_v 值和 C_s 值, 采用矩法计算 C_v 值和权函数法计算 C_s 值。同时计算出对应的 $|C_vC_s|$ 值。

b. 对研究流域水功能区 $|C_vC_s|$ 值进行统计并确定区间范围, 从而确定年均值法评价和频次法评价的分界点 λ 值。

c. 当每项水质监测指标均满足 $|C_vC_s| \leq \lambda$ 且 $|C_s| \leq 2$ 时, 表明该年 (水期) 的水质样本可以运用年均值法进行评价, 反之则采用频次法。

4 实例分析

4.1 以北方的大凌河流域为例

将上述研究应用于实际水功能区的水质监测数据时, 需要考虑多个水质指标影响下的水功能区达标评价。以辽宁省大凌河宫山嘴水库饮用水源区为例, 首先利用该水功能区 2007 年的 8 项水质指标监测结果 (表 1), 分析验证本文提出的水功能区达标评价方法的选取原则是否合理。评价流程为: 首先运用单因子法进行水质评价, 基于水质评价结果 (是否达到水质管理目标) 进行分析讨论水功能区达标评价情况。

由表 1 可见, 该水功能区主要的污染物为 COD。其中 COD 在 1 月、3 月、4 月、7 月的监测结果都超标, 达标频率仅 67%, 故用频次法评价该水功能区不达标; 然而, 该水功能区的 8 项水质指标的年

表 1 2007 年大凌河宫山嘴水库饮用水源区水质及达标评价

月份	pH	$\rho(\text{DO})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Hg})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{挥发酚})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	达标情况
1	8.0	13.3	2.3	23.3 [*]	2.5	0.00002	0.37	<DL	否
2	7.8	12.6	2.4	13.6	2.6	0.00004	0.42	<DL	是
3	7.2	11.6	2.6	20.2 [*]	2.8	0.00002	0.20	0.004	否
4	7.6	11.2	2.1	25.3 [*]	2.5	0.00004	0.32	<DL	否
5	7.7	8.9	2.1	16.3	2.7	0.00001	<DL	<DL	是
6	7.7	8.7	2.7	16.8	2.4	0.00001	<DL	<DL	是
7	7.6	8.1	3.1	47.5 [*]	2.2	0.00003	0.59	0.002	是
8	7.5	8.1	3.0	18.2	3.0	0.00006	0.10	<DL	是
9	7.3	8.1	2.3	10.0	3.1	0.00002	0.29	<DL	是
10	7.9	8.0	2.5	14.3	2.3	0.00005	<DL	<DL	是
11	7.7	9.5	2.2	19.0	2.0	0.00003	<DL	<DL	是
12	7.7	12.1	2.5	10.0	1.9	0.00004	0.37	<DL	是
年均值	7.64	10.02	2.48	19.54	2.50	0.00003	<DL	<DL	是
达标标准	6~9	≥5	≤6	≤20	≤4	≤0.0001	≤1.0	≤0.005	
$ C_s $	1.10	0.47	1.24	3.27	0.00	0.39			
$ C_v C_s $	0.03	0.10	0.16	1.67	0.00	0.20			

注：* 为所测得的水质指标超标；<DL 为该物质含量用监测手段监测不出具体值，即小于最低检出限。

均值均达标，即用年均值法评价该水功能区达标。由此可见，两种方法的评价结果相反，所以需讨论该水功能区应用何种评价方法更为科学、合理。将本文提出的方法应用于该水功能区。由于判别运用年均值法和频次法的依据是每个水质评价指标的离散程度，即计算每项指标的 $|C_s|$ 值、 $|C_v C_s|$ 值，具体计算结果见表 1。根据上述原则，以大凌河流域 11 个水功能区 2006—2010 年的实测水质数据进行统计，分析各区间内的 $|C_v C_s|$ 值数量，从而拟合曲线（图 3），确定 λ 值。

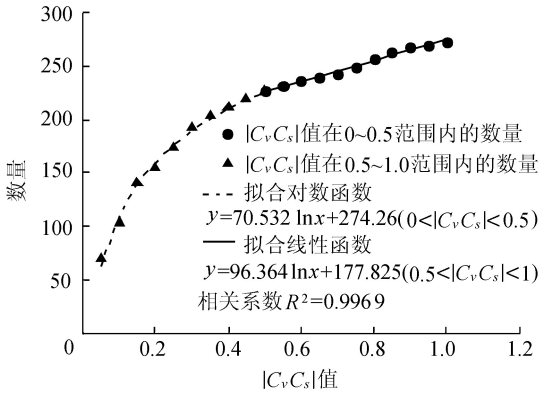


图 3 大凌河 $|C_v C_s|$ 值数量分布函数

由图 3 可知，用对数和线性函数拟合散点，相关系数可达 0.9969，相关性很好，可以说明该函数可代表 $|C_v C_s|$ 数量特点。由图 3 可见，曲线的斜率呈单调递减，直至 $|C_v C_s| \geq 0.5$ ，斜率保持稳定，说明 $|C_v C_s|$ 的数量随 $|C_v C_s|$ 取值范围的扩大，增加变化幅度减小，最后逐步稳定。为了更加严格地选取分界点 λ 值，选取斜率最小且稳定的点，即两段函数的交点 $|C_v C_s|=0.5$ 处作为 λ 值，即 $\lambda=0.5$ 。

因此，针对大凌河流域，当水质指标的统计参数

满足： $|C_v C_s| \leq 0.5$ 且 $|C_s| \leq 2$ ，选用年均值法，不足则选用频次法。由表 2 可知，大凌河宫山嘴水库下游饮用水源区达标评价应选取频次法。

4.2 以南方的沱江流域为例

统计沱江流域 16 个水功能区^[21]的水质数据，计算 $|C_v C_s|$ 值，并进行统计计算，插入以各个区间上限值为横坐标，各个区间包含的数量为纵坐标的散点图，再用函数拟合散点，结果如图 4 所示。

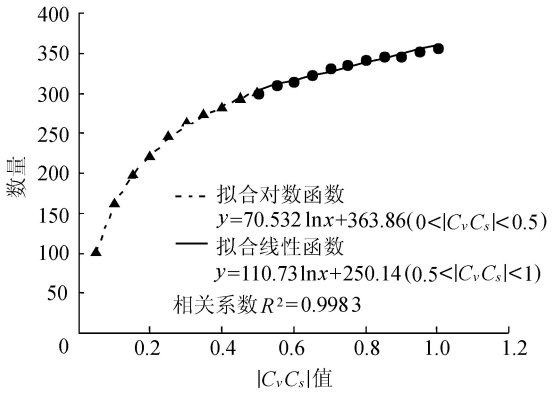


图 4 沱江流域 $|C_v C_s|$ 值数量分布函数

由图 4 可知，用对数函数和线性函数拟合，两个曲线的分界点为 0.5，相关系数可达 0.998，拟合效果较好，则 $\lambda=0.5$ 。对于沱江流域，年均法适用范围为： $|C_v C_s| \leq 0.5$ 且 $|C_s| \leq 2$ 。表 2 为沱江金堂段饮用水源区水质评价结果（评价方法如大凌河流域）。由表 2 可以看出，沱江水功能区的 6 项水质指标的年均值均达标，即用年均值法评价该水功能区达标；但个别月份中的 DO、BOD₅、NH₃-N 指标超标。其中 DO 仅在 5 月不达标，BOD₅ 在 3 月、4 月监测值超标，NH₃-N 指标只有 6—10 月不超标，达标频率为 42%，小于 80%，故用频次法评价该水功能区不达

标。显然,两种方法的评价结果不一致。但根据本文研究,所有指标都满足 $|C_vC_s| \leq 0.5$ 且 $|C_s| \leq 2$,故应当选用年均值法评价,则沱江金堂段饮用水源区达标。

表 2 2009 年沱江金堂段饮用水源区水质及达标评价

月份	pH	$\rho(\text{DO})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{BOD}_5)/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{挥发酚})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	达标 情况
1	7.62	6.47	2.62	2.39	1.25 *	0.001	否
2	7.38	7.64	3.96	3.85	1.31 *	0.001	否
3	8.45	5.72	4.54	4.67 *	1.20 *	0.001	否
4	7.88	6.57	5.67	4.07 *	1.16 *	0.001	否
5	7.83	4.64 *	4.67	3.76	1.31 *	0.001	否
6	7.56	6.09	5.33	3.84	0.76	0.001	是
7	7.7	5.73	3.21	3.41	0.53	0.001	是
8	7.82	5.25	4.59	2.22	0.64	0.001	是
9	8.14	6.26	4.84	3.43	0.34	0.001	是
10	7.85	6.6	3.97	3.58	0.98	0.001	是
11	7.53	5.06	3.35	3.24	1.25 *	0.001	否
12	7.66	5.19	4.62	3.92	1.3 *	0.001	否
年均 值	7.79	5.94	4.28	3.53	1.00	0.001	是
达标 标准	6~9	≥ 5	≤ 6	≤ 4	≤ 1.0	≤ 0.005	
$ C_s $	1.5	0.80	0.73	1.64	1.46		
$ C_vC_s $	0.06	0.12	0.15	0.31	0.50		

注: * 为所测得的水质指标超标; <DL 表示该物质含量用监测手段监测不具体值,即小于最低检出限。

5 分析讨论

5.1 评价方法适用范围确定的优势

由表 1、表 2 可以看出,大凌河宫山嘴水库饮用水源区及沱江金堂段饮用水源区达标评价用年均值法和用频次法做出的评价结果相矛盾。单一地选取年均值法不能看出污染物的排放特点以及排污企业的整改情况,而单一的频次法评价也不能体现出水质在整个年度(水期)内的整体情况。在实际的水功能区达标评价工作中,两种评价方法的选取带有主观性和随意性,没有根据流域及水质数据特点,科学地确定评价方法来合理地评价水功能区。运用本研究来选取评价方法,根据 C_s 、 $|C_vC_s|$ 的值,即可定量地确定评价方法,避免两种方法选取的不确定性。同时针对不同的流域及不同年度(水期),相应地应用合理的评价方法,更有利于对水资源管理规划工作进行指导监督。

5.2 评价方法选取的合理性讨论

水功能区选取评价方法的确定主要依据 C_s 、 $|C_vC_s|$ 的值。根据本文研究,大凌河宫山嘴水库饮用水源区达标评价选用频次法评价,沱江金堂段饮用水源区选用年均值法评价更为合理。

首先分析大凌河宫山嘴水库饮用水源区,从 2007 年的水质监测数据中,可以得出,该水功能区主要的污染指标为 COD,其中最大值为 47.5,是均值的 2.4 倍,偏离均值 19.5,幅度较大, C_s 、 $|C_vC_s|$ 值也较大,故用在本例中年均值法不能很好地反映其离散程度,选择频次法较为科学合理,与本研究选取的评价方法吻合。

其次分析沱江金堂段饮用水源区,从该水功能区 2009 年水质数据可以看出,其主要的污染物为 BOD₅和 NH₃-N,其 BOD₅指标的最大值为均值的 1.3 倍,其他值相对偏离均值程度较小;NH₃-N 最大偏离均值 1.3 倍。根据所有指标的 C_s 、 $|C_vC_s|$ 值,从两方面可以看出该水功能区水质数据的相对离散程度以及离散的对称程度较小,用年均值法可以很好地反映出该水功能区的水质情况。

5.3 关于 λ 值的确定

本文研究的方法在确定 λ 值方面还有不足,λ 值的确定需要统计大量的水质数据,而对于水质数据较少的流域,λ 值将无法确定。由上述大凌河及沱江流域两例可以看出,两流域的 λ 值皆为 0.5,其单个水功能区达标评价方法选取的适用范围均为 $|C_vC_s| \leq 0.5$ 且 $|C_s| < 2$,但是否能将这一适用范围推广到其他流域则还需要更进一步的探讨。

6 结论与建议

本研究针对单个水功能区达标评价方法的两种方法年均值法和频次法的特点及区别,探讨其适用范围,给出了年均值法和频次法的选取原则,即当每项水质指标均满足 $|C_vC_s| \leq 0.5$ 且 $|C_s| < 2$ 时,表明该年度(水期)水质样本数据离散程度较小,可以运用年均值法进行单个水功能区达标评价,反之采用频次法。通过在大凌河流域和沱江流域的实际应用,验证了本文提出方法的合理性。

然而 λ 值的确定需要大量的水质数据,笔者仅以南北河流的两个典型流域为研究对象,提出了 λ = 0.5,鉴于作者掌握的资料有限,该值还有待于在更多流域进行验证。λ 值确定后,即可在每个流域内根据频次法和年均值法的适用条件,科学合理地选取水功能区达标评价方法。

参考文献:

[1] 水利部. 水功能区管理办法[J]. 中国水利, 2003(7): 61-62. (The Ministry of Water Resources. Measures for the management of water function areas [J]. China Water Resources,2003(7) :61-62. (in Chinese))

- [2] 张学峰,尚晓成,张军献. 水功能区管理浅谈[J]. 人民黄河,2004,26(4):21-23. (ZHANG Xuefeng, SHANG Xiaocheng, ZHANG Junxian. Introduction to water management[J]. Yellow River,2004,26(4):21-23. (in Chinese))
- [3] 朱静平. 几种水环境质量综合评价方法的探讨[J]. 西南科技大学学报,2002,17(4):62-67. (ZHU Jingping. Comparison of several comprehensive assessment methods of water environmental quality[J]. Journal of Southwest University of Science and Technology,2002,17(4):62-67. (in Chinese))
- [4] 黄兴国,刘秀花. 水环境质量评价中几种方法的对比[J]. 地下水,2005,27(2):125-126. (HUANG Xingguo, LIU Xiuhua. Comparison on several methods of quality evaluation on water environment[J]. Ground Water,2005,27(2):125-126. (in Chinese))
- [5] 刘臣,王淑文. 水环境质量评价三种方法应用浅析[J]. 东北水利水电,2004(6):44-46. (LIU Chen, WANG Shuwen. Superficial analysis of 3 methods for water environment quality evaluation[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China,2004(6):44-46. (in Chinese))
- [6] 毛兴华. 常用水质评价方法的选择[J]. 水科学与工程,2006(1):22-23. (MAO Xinghua. Selection on assessment methods of typical water quality[J]. Water Science and Engineering Technology,2006(1):22-23. (in Chinese))
- [7] 赖晓珍,张炎斋,冯英. 关于水功能区水质评价方法的分析[J]. 调查与评价,2009(12):8-9. (LAI Xiaozhen, ZHANG yanzhai, FENG ying. Analysis of water function area water quality evaluation methods[J]. Research and Assessment,2009(12):8-9. (in Chinese))
- [8] 刘发根,郭玉银. 一种水功能区水质达标评价的新方法[J]. 人民长江,2014(18):28-32. (LIU Fagen, GUO Yuyin. A new water quality up to standard assessment methodology for water function zone[J]. Yangtze River,2014(18):28-32. (in Chinese))
- [9] 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))
- [10] 蓝忠华. 水功能区达标评价的方法研究[J]. 中国新技术新产品,2010(2):1. (LAN Zhonghua. Research on water function area evaluation[J]. China New Technologies and Products,2010(2):1. (in Chinese))
- [11] 乔倩倩,许鑫,骆素娜. 水功能区水质达标评价方法分析[J]. 东北水利水电,2013(8):5-7. (QIAO Qianqian, XU Xin, LUO Suna. Analysis of evaluation method of water quality reaching standard for water function zones[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China,1988,1(4):1-7. (in Chinese))
- [12] SL395—2007 地表水资源质量评价技术规程[S].
- [13] 辛江. 试用概率方法进行大辽河水质评价[J]. 东北水利水电,2001(8):44-46. (XIN Jiang. Daliao River water quality assessment probability method[J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China,2001(8):44-46. (in Chinese))
- [14] 刘秀花,黄兴国. 基于皮尔逊Ⅲ型曲线的渭河水质历时评价研究[J]. 灌溉排水学报,2004,23(6):49-51. (LIU Xiuhua, HUANG Xingguo. Evaluation of duration of pollution based on the distribution curve of Pearson Ⅲ in the Shanxi Section of Weihe River[J]. Journal of Irrigation and Drainage,2004,23(6):49-51. (in Chinese))
- [15] 乔明叶,周进,任金亮. 皮尔逊Ⅲ型曲线在滦河水质历时评价中的应用[J]. 人民黄河,2012(5):61-62. (QIAO Mingye, ZHOU Jin, REN Jinliang. Evaluation of duration of pollution of Luanhe River based on distribution curve of Pearson Ⅲ[J]. Yellow River,2012(5):61-62. (in Chinese))
- [16] 姚允龙. 频率曲线法及皮尔逊Ⅲ型曲线在水质评价中的应用探讨[J]. 水文,2001,21(1):42-46. (YAO Yunlong. Frequency curve and Pearson Ⅲ curve applied in water quality evaluation[J]. Journal of China Hydrology,2001,21(1):42-46. (in Chinese))
- [17] 叶守泽,詹道江. 工程水文学[M]. 3版. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [18] 叶守泽. 水文水利计算[M]. 北京:中国水利水电出版社,1992.
- [19] 蔡体录. 负偏频率曲线的计算[J]. 东海海洋,1988,1(4):1-7. (CAI Tilu. Calculation of egative bias frequency curve[J]. Donghai Marine Science,1988,1(4):1-7. (in Chinese))
- [20] 李兴拼,郑江丽. 浅谈 P-Ⅲ型负偏频率曲线计算方法[J]. 广东水利水电,2010(9):17-18. (LI Xingpin, ZHENG Jiangli. Study on the calculation method of Pearson Ⅲ frequency curve in negative bias station[J]. Guangdong Water Resources and Hydropower,2010(9):17-18. (in Chinese))
- [21] 刘天厚,施为光. 沱江水环境容量及水质管理规划探讨[J]. 上海环境科学,1987(9):17-18. (LIU Tianhou, SHI Weiguang. Study on environment capacity and its application of Tuojiang River[J]. Shanghai Environmental Science,1987(9):17-18. (in Chinese))

(收稿日期:2015-01-05 编辑:徐娟)