

# 河流水质综合评价方法的统一和改进

梁德华<sup>1</sup>, 蒋火华<sup>2</sup>

(1. 海南师范学院地理系资源与环境研究所,海南 海口 571158; 2. 中国环境监测总站,北京 100029)

**摘 要:** 在分析我国河流水质综合评价方法存在的问题以及河流水质综合评价方法研究现状的基础上,以国家对全国水环境质量系统管理需要为目的,提出了对河流水质综合评价方法的要求,并针对综合污染指数法的缺陷,提出了改进的综合水质指数方法。

**关 键 词:** 河流水质; 综合评价; 指数; 评价方法

**中图分类号:**X824      **文献标识码:**A      **文章编号:**1002-6002(2002)02-0063-04

## Unifying and improving the comprehensive assessment methods of river water quality

LIANG De-hua, et al (China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The authors analyzes by now the study of comprehensive assessment methods of river water quality and the main problem of our existing methods. And on the base of that, we gives the necessary request of the method, when for the need of systematically managing the national water environment. At last, we also advance an improved method against the limitation of Comprehensive Pollution Index.

**Key words:** river water quality; comprehensive assessment; index; assessment method

### 1 我国河流水质综合评价方法存在的问题

河流水质污染是我国最为突出的水环境问题,与经济发展及人民生活质量关系最为密切,也是国家目前治理的重点。为保护水资源,控制水污染,满足国家对各流域的水环境质量进行系统规划和管理的要求,首先需要掌握全国水环境污染的时间和空间分布。区域水环境质量评价作为水资源保护的一项重要基础性工作,是进行水资源系统管理的一项重要依据。而由于河流水质综合评价自身存在的特殊性,其评价方法的缺陷一直是对水资源进行科学管理的瓶颈之一。主要表现为:

(1) 迄今没有一个被大家公认通用的、具有可比性的水质综合评价数学模型。各地各部门在进行水质评价时,选用模型的任意性很强,评价的结果不便于与其它地区水质状况进行比较,因而也不能准确反映本地的相对污染状态,国家难以全面掌握水环境污染的时空分布态势,其结果难以被公众接受,达不到水质评价的目的。1999年

12月在广州召开的全国综合评价技术研讨会提出,要把水环境综合评价方法的统一和改进问题作为目前需要重点解决的问题之一<sup>[1]</sup>。

(2) 缺乏比较客观的确定环境因子权重的量化方法<sup>[2]</sup>。在多因子的水质综合评价中,各因子对环境污染的贡献是不同的,而目前缺乏统一的客观的定权方法,这对评价结果的可比性影响较大。

### 2 我国水质综合评价方法现状

我国1974年提出用数学模式综合评价水污染至今,关于河流水质综合评价方法的研究比较活跃,到现在为止,各家提出的综合评价水质的方法或指数就有二、三十种。概括起来可大致分为指数法和不确定性方法两大类。

#### 2.1 指数评价法

这类模式的特点在于均以监测数据与评价标准之比作为分指数,然后通过数学综合运算得出一个综合指数,以此代表水体的污染程度,以及进行不同河流或同一河流不同时期的水质比较。

指数化综合评价是对整体水体质量的定量描述,只要项目、标准、监测结果可靠,综合评价从总

收稿日期:2001-06-12; 修订日期:2002-02-10

作者简介:梁德华(1973-),女,吉林长春人,硕士,助教。

体上看是可以基本反映污染的性质和程度的。而且对于全国流域尺度而言,指数化综合评价方法计算简便,便于进行水系之间或同一水系时间上的基本污染状况和变化的比较。因此中国环境监测站在进行水质评价时采取了这种方法。

对分指数的处理不同,使指数法存在着不同的形式。如简单迭加型、算术平均型、加权平均型、内梅罗水质指数和罗斯水质指数<sup>[3]</sup>等。如果从国家对全国河流水质统一管理、统一评价和进行环境保护的需要来看,各种方法存在的共同缺欠在于都不能很好地与国家统一的水质功能类别相一致,各种方法都各自按其指数大小分出了污染等级,但这样的评价结果只能定性地说明污染程度是轻、严重还是非常严重,不能确定其功能类别为几类。如1996年度环境质量报告书中,淮河淮南段污染指数较蚌埠段大,水质类别却是淮南Ⅳ类,蚌埠Ⅴ类<sup>[4]</sup>。

## 2.2 不确定性方法

近年来国内关于环境质量评价方法的研究中,不确定性方法的研究非常广泛和活跃,其中多数已见于对水环境质量的评价。研究者认为,水体是一个充满不确定性因素、变化复杂的环境,其中进入水体的污染物成分和数量是随时间和空间变化的不确定量,水质级别、分类标准都存在着模糊性,因而水环境系统是一个有着随机性、模糊性和灰色性的不确定的系统<sup>[5]</sup>。传统的不确定性研究方法主要是随机理论、模糊集理论<sup>[6]</sup>、灰色系统理论、热力学理论<sup>[7]</sup>和信息论,近年来发展了各种耦合方法,并引入新的不确定性研究方法,如人工神经网络、物元分析法、集对分析法和TOPSIS法等。展现了我国水环境研究方法的百花齐放、百家争鸣的特色。

用不确定性方法进行环境质量评价,从理论上讲,由于体现了环境中客观存在的模糊性和不确定性,符合客观规律,具有一定的合理性。但是用于综合水质评价时,存在以下共同的问题没有明确,影响其适用性:

(1) 对综合水质评价目的的理解。水质评价只有在明确用途、目的的前提下,有针对性地选择适当的项目及相应标准进行评价,才是正确有效的评价。而目前对水质评价方法的研究则存在着就方法论方法而不研究其用途的现象,笼而统之地选取GB3838-88为标准,而评价结果仅是污染轻重程度的分类,与标准规定的功能类别相混淆。

我们认为,以GB3838-88为标准的综合水质评价,其目的是为了有效地保护环境、维护生态平衡,为管理者提供准确的水质信息,作为统一管理、规划、控制水质污染的依据。因此评价的结果应具有代表性和可比性,应能反映水质的功能类别,而不应是一个模糊的污染程度为某类的概念。

(2) 对水环境质量标准的理解。不确定性方法认为,水质类别标准是一些模糊概念,认为当两个样本中,某种污染物浓度相差不大却被划分为两类并不合理,因此在评价时往往将标准视为参考值。这在大气或多介质的环境质量综合评价中是合理的,但在河流水质的综合评价中却是行不通的。这是由人和生物对河流水质的敏感性决定的,河流水质标准是“限值”的概念,水中污染物成分复杂,任何一种污染物超标都对水体功能造成破坏。如为保证生态学上不产生有害作用,CN<sup>-</sup>不允许超过0.04mg/L<sup>[8]</sup>,这相当于Ⅱ类标准的限值(0.05mg/L),超过这个浓度将不能作为Ⅱ类功能使用,即“适用于集中式生活饮用水水源地一级保护区,珍贵鱼类保护区,鱼虾产卵场等”。

(3) 对综合水质类别的理解。用不确定性方法进行综合水质类别判定时认为,要考虑所选取的指标的综合作用,如果多数指标级别较低,而仅有几项指标级别高,则不应把综合水质定为较高级别。而实际上,国标GB3838-88中对地面水综合评价已确定悲观的原则,即以单项指标最差所属级别确定其综合水质级别。这是符合实际的,因为若某项指标严重超标,已不适于饮用却仍评为可作为饮用水源地的Ⅲ类水,将给人民生命健康带来威胁。

许多实际工作者已经注意到,数学模型的有效性并不同数学模型本身的繁杂程度来决定。数学模型实质上是一种反映真实系统的手段,模型的性质应当适合于所研究问题的性质。有些数学模型模式选取越来越复杂,计算结果越来越多,模型本身看来很完善,却忽视了水质评价的特性,难以在实际工作中发挥作用。水质综合评价工作应从实际出发,要从简练明了入手,达到评价目的即可,应发展标准化的计算方法和评价方法,使评价结果有代表性和可比性<sup>[9]</sup>。

## 3 对河流水质综合评价方法的要求

我们认为,以适应国家对水资源系统规划、管理和决策的需要为目的,水质综合评价方法应满

足以下要求:

(1) 对我国各大流域有一定的普遍适用性, 其结果能反映我国河流污染的特点, 给决策者提供我国河流污染的空间分布信息。

(2) 要便于时间比较。能反映某条河流水质随时间的变化情况。

(3) 要能反映河流水质评价的特殊性。水质综合评价与其它介质评价的区别在于: 水质评价采取了悲观的原则, 国标 GB3838-88 中规定, “若某水体中, 有一项污染指标的浓度值超过相应标准规定的浓度限值, 则表明该水体不支持这一水质类别的使用功能”, 水质标准反映的是某种使用功能的允许值, 这点是不同于大气或噪声的污染程度的评价的。

(4) 要便于公众接受。评价结果要简单、明了, 意义明确。一方面给决策者一目了然的水质污染信息, 另一方面使群众易于接受, 发挥监督作用。

### 4 对综合污染指数法的改进

指数法由于其计算简便, 并且评价结果便于比较, 因此比较适合管理者对流域尺度的统一管理、规划和控制。目前国家的环境质量报告书中仍采用这种方法。但现有的综合污染指数采用的是分指数算术平均的方法, 视各种污染物对水质的影响等同, 缺乏科学性, 并且其结果与水体的功能类别不统一, 存在矛盾的现象(如水质类别差的反而污染指数小)。若综合污染指数与水质类别统一起来, 并给与科学的权重, 将大大提高指数法的适用性。

根据这种情况, 作者提出了一种改进的综合水质指数。

#### 4.1 断面的综合水质指数

其公式为:

$$P_j = q_j + \rho \times \sum_{i=1}^n \frac{w_i P_{ij}}{\sum w_i}$$

式中,  $P_j$  为  $j$  断面的综合水质指数;  $q_j$  为  $j$  断面综合水质类别(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ及劣Ⅴ类分别对应 1, 2, 3, 4, 5, 6);  $\rho$  为系数, 它的作用是满足

$$\rho \times \sum_{i=1}^n \frac{w_i P_{ij}}{\sum w_i} < 1$$

$P_{ij}$  为  $j$  断面  $i$  项污染指标的分指数(为浓度值与标准值的比值, 这里取Ⅰ类标准值);  $w_i$  为  $i$  项污染指标的权重。

这样综合水质指数就由整数和小数两部分构成: 整数部分代表断面水质功能类别, 使综合水质指数与水质类别统一起来; 小数部分为各污染指数的加权平均, 以区别同类水质的优劣, 提高了分辨率。

$w_i$  的算法如下:

$$w_i = \frac{s_{i1}}{s_{i5}}$$

这种定义权重的方法是以污染物超标倍数对河流水质的贡献率大小为依据的。例如, 水质标准中总氰化物Ⅴ类标准为Ⅰ类标准的 40 倍, 而高锰酸盐指数Ⅴ类标准为Ⅰ类标准的 5 倍, 那么, 如果总氰化物和高锰酸盐指数浓度都达到Ⅰ类标准的 10 倍, 则对总氰化物来说仍为Ⅱ类, 而高锰酸盐指数则达到了劣Ⅴ类。也就是说高锰酸盐超标比氰化物超标对水质污染的贡献大。根据这种思想, 高锰酸盐的权重应为总氰化物权重的 8 倍。

公式中  $\rho$  是经验系数, 要考虑到小数即不能过小, 又要具有较高的分辨率。作者经实际大量数据验证, 选取如下:

当水质类别为Ⅰ类时,  $\rho = 1$ ;

当水质类别为Ⅱ类时,  $\rho = 0.47$ ;

当水质类别为Ⅲ类时,  $\rho = 0.45$ ;

当水质类别为Ⅳ类时,  $\rho = 0.41$ ;

当水质类别为Ⅴ类时,  $\rho = 0.18$ ;

当水质类别为劣Ⅴ类时,  $\rho = 0.17$ 。

当水质类别为劣Ⅴ类时, 可能出现指数过大,  $\rho = 0.17$  仍不能使  $\rho \sum w_i P_{ij} / \sum w_i < 1$ , 则规定  $\rho \sum w_i P_{ij} / \sum w_i = 0.999$

#### 4.2 河段(流域)综合水质指数

其公式为:

$$P = \sum_{j=1}^m \frac{1}{x} \text{int}(P_j)$$

式中,  $P$  为河段(流域)综合水质指数;  $m$  为监测断面数;  $P_j$  为  $j$  断面的综合水质指数。

### 5 讨论

改进的综合水质指数法是根据水质评价的特点提出的, 即具有明确的功能分类, 及各污染指标的标准限值。原则上对具有该特点的各种环境质量综合评价都适用, 如湖泊、水库以及地下水水质综合评价并具有以下优点:

(1) 对断面的水质指数采取类别与指数相结合的办法, 解决了综合污染指数与水质类别不相

吻合的缺陷,提高了水质类别判定的分辨率,解决了可比性的问题。

(2) 权重的选取基于不同污染指标超标对水质类别贡献大小不同的思想。由于水质标准的制定是在研究污染物在水中的迁移转化规律与各污染物的生态毒理学效应的基础上得到的,因此基于污染物超标的定权方法实际上反映了各因子对水质的客观分贡献率。

(3) 水系的综合水质指数反映的是各种水质类别在全水系中的比例,比综合污染指数对水系所有断面进行算术平均的做法有所进步。

改进的综合水质指数法满足了对水质综合评价的目的和要求,克服了现有的综合污染指数的缺陷,但也存在一些不足,需要在实践中进一步研究解决,如经验系数  $\rho$  的选取,应通过大量的实践,在实践中不断改进,使评价更为可靠。

参考文献:

[1] 中国环境监测总站. 关于水环境质量综合评价技术的

有关问题的思考[M]. 广州综合评价技术研讨会水环境材料. 1999.

[2] 夏军. 区域水环境及生态环境质量评价—多级关联评估理论与应用[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社, 1999. 36-60.

[3] 周爱国, 蔡鹤生. 地质环境质量评价理论与应用[M]. 北京:中国地质大学出版社, 1998. 36-60.

[4] 蒋火华等. 综合污染指数与水质类别判定的关系[J]. 中国环境监测, 1999, 15( 6) :46-48.

[5] 刘国东, 丁晶. 水环境中不确定性方法的研究现状与展望[J]. 环境科学进展, 1996, 4( 4) :46-51.

[6] 郑成德. 环境质量评价模糊集理论与模式研究[J]. 四川环境, 1997, 16( 4) :64-68.

[7] M · J Stiff, River Pollution Control, Ellis Horwood Limited[M]. First edition, 1980:319-331 .

[8] 王华东等. 水环境污染概论[M]. 北京:北京师范大学出版社, 1984. 65-77.

[9] 马东, 梁瑞玲. 试论正确运用水质数据进行水质评价[J]. 内蒙古水利, 1999( 2) :21-22.

德国监测仪进军中国环保市场

[中国环境报记者 段松乔]前不久,德国拉尔(LAR)公司国际销售会议在我国珠海召开。拉尔公司是一家在国际上享有盛誉的环保仪器设备公司,象其他许多国际知名企业近年纷纷作出类似举动一样,拉尔公司将其国际销售会议选择在中国举行,凸现了中国巨大环保市场对国际著名企业的吸引力。

“中国是个充满希望的市场。”拉尔公司总裁渥特·阿斯博士在接受本报记者采访时开门见山地说。他表示,中国正处在经济快速发展时期,而政府又高度重视在此过程中解决环境问题,中国环保市场必然巨大,所有的国际大公司不会看不到这一点的。拉尔选择在中国召开其国际销售会议,表明拉尔已将中国作为其全球市场开发布局中的重点。

实际上拉尔公司在中国市场有良好的开端。他们去年初开始与北京环宇宏业科技开发有限公司合作,其主要产品 COD 在线监测仪 Elo<sub>x</sub> 100A 等,在我国获得国家环保及技术认证,并有了不俗

的销售成绩。北京燕京啤酒集团、青春宝制药公司等大企业,成为其产品用户,运行效果反映良好。

就象德国产品一向给世人的印象,拉尔公司的环保监测仪器也以先进、精良见长。目前国际上(包括我国)大部分同类设备还是采用化学方法测定,存在着测量周期长、操作有一定危险及产生二次污染等弱点,而拉尔公司的产品已经全部采用了电化学方法,完全克服了这些问题。这次来珠海参加会议的各个国家和地区的代表对拉尔公司产品的技术和质量水平给予充分肯定。

韩国东永(DONG YONG)贸易公司的销售、技术主管申东文先生说:“韩国的环保仪器、设备比较齐全,也比较成熟,但拉尔公司的产品在韩国销售得还不错,主要是性能好,好使用。”新加坡迅佳威(SINGAWAY)公司销售经理阿瑟·屈先生也对拉尔的产品给予了好评。

不过,德国的产品往往是高端产品,价格较高。拉尔公司总裁阿斯却不以为然。他说拉尔的产品在中国同类进口产品中价格最低。他还相信,随着与中国合作伙伴北京环宇宏业的携手努力,他们产品的价格将会变得越来越具有竞争力。