

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.06.015

# 横江流域水环境质量综合评价方法探讨

代堂刚,宋昭义

(云南省水文水资源局昭通分局,云南 昭通 657000)

**摘要** 根据横江流域 7 个水质监测站 2008 年监测资料,结合单因子评价法与算术平均、综合指数法与面积加权、综合指数法与径流加权 3 种方法对其水质进行综合评价,并分析了 3 种评价方法的优缺点。结果表明,采用单因子评价法与算术平均结果较其他两种方法偏大。建议根据径流对水质的影响程度,选择使用综合指数法与面积加权或综合指数法与径流加权进行流域水环境质量综合评价。

**关键词** 水环境质量 综合评价方法 横江流域

中图分类号 :X824 文献标识码 :A 文章编号 :1004-6933(2010)06-0066-04

## Discussion on comprehensive evaluation method for basin water environment quality : A case study of Hengjiang River Basin

DAI Tang-gang , SONG Zhao-yi

( Zhaotong Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province , Zhaotong 657000 , China )

**Abstract** : According to monitoring data from seven water quality monitoring stations in the Hengjiang River Basin in 2008 , three methods , the single-factor evaluation method combined with arithmetic average , the composite index method combined with area-weighting , and the composite index combined with runoff-weighting , were used to make a comprehensive assessment of water quality , and the advantages and disadvantages of three evaluation methods were analyzed . The results from the single-factor evaluation method combined with the arithmetic average were larger than those from other two methods . It is recommended that the composite index method combined with area-weighting or runoff-weighting be used to assess the basin water environment quality according to influence degree of runoff .

**Key words** : water environment quality ; comprehensive evaluation method ; Hengjiang River Basin

综合评价一个流域的水质状况,从整体上了解一个流域的水污染程度,对该流域的水环境规划及其治理具有重要意义。笔者以横江流域为例,分析、探讨流域的水质综合评价方法,为流域水环境质量综合评价提供参考。

### 1 水质评价方法概述

水质评价方法很多,按选取评价项目的多少可分为单因子评价法和综合评价法<sup>[1]</sup>。单因子评价法又称“单指标评价法”、“一票否决法”,该方法规定按参数取监测值的平均值与 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的标准值比较,比值大于 1 表明该项水

质参数超标,其使用功能不能保证。由于单因子评价方法无法给出水环境质量的综合状况,为了克服该法不足,国内外水质专家提出各种综合指标评价方法。所谓综合指标评价方法就是基于数个水质参数计算出的表征水体水质综合状况的一个数值(或分值),这个数值或分值被称为水质指数(water quality index)。如国内在 1974—1975 年对北京官厅水库水系评价时提出的综合污染指数、1975 年北京西郊环境质量评价中采用的水质质量指数等,国外有内梅罗水污染指数、布朗水质指数、罗斯水质指数等。已有的水质指数方法均是有目的地选择一些重要的水质指标,给出水体水质状况的简单概貌。上

作者简介:代堂刚(1978—),男,云南彝良人,工程师,本科,主要从事水文、水质监测调查与分析评价工作。E-mail: 514305708@qq.com

述这些方法主要是针对监测站点而言,而对于评价整个流域的综合水质状况,笔者认为应考虑各水质监测站径流或径流面积对水质的影响。

## 2 综合评价方法探讨

### 2.1 流域概况

横江属金沙江下段水系右岸一级支流,发源于贵州威宁草海,径流面积 14980 km<sup>2</sup>。流域上段称洛泽河,中段称关河,下段横江,主要支流有白水江、洒渔河。该流域属低纬度、高海拔、受季风控制和新月形台阶地形影响的季风高原型气候,其主要特点是<sup>[2]</sup>山地高差悬殊,台阶地形叠置,垂直气候带显著,北向弧形坡面地势特殊,气候南干北湿。流域内多数区域年平均气温大于 14℃,属于以亚热带为主的气候带。年降水量总分布趋势为北部大、南部小,高山大、河谷坝区小。降水量年内分配不均,多年平均降雨量 1150.9 mm,汛期(5—10月)降水量 955.2 mm,占年降水量的 83%,枯季(11—4月)降水量 195.7 mm,占年降水量的 17%;水面蒸发量 800 mm,陆面蒸发量 400 mm;多年平均径流深变化在 800~1000 mm 之间。流域水资源总量丰富,但地区分布不均<sup>[3]</sup>:北部水资源量较为丰富,人类活动影响较小,水质状况总体较好,南部为昭通市重要经济区,水资源相对缺乏,人类活动影响突出,局部水质恶化趋势明显。流域内主要布置了鱼洞(五)新泉、箐口塘、马路村、豆沙关、牛街、横江出口 7 个水质监测站(图 1)监测项目多达 32 个。

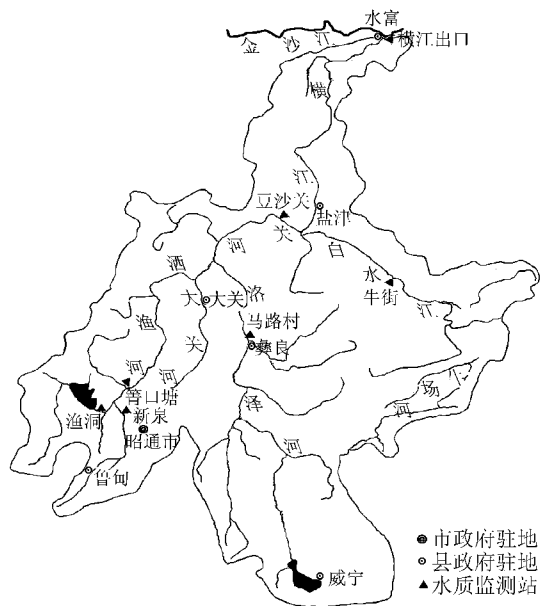


图 1 横江流域水质监测站点分布

### 2.2 确定径流量对水质的影响

对流域内 7 个水质监测站 2008 年的枯、丰水期的水质参数,根据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》采用单因子评价法进行评价,分析得出:箐口

塘、马路村、豆沙关、牛街、横江出口 5 个站点枯水期水质较好,丰水期水质显著下降,径流对河流水质的影响尤为明显,而鱼洞(五)新泉站枯、丰水期水质无明显变化,径流对水质影响不大。

### 2.3 水环境质量综合评价方法

利用单因子评价法与算术平均、综合指数法与面积加权、综合指数法与径流加权,3 种方法评价横江流域水质状况。

#### 2.3.1 方法一:单因子评价法与算术平均<sup>[4]</sup>

首先对流域各水质监测点( $i = 1, 2, \dots, n$ )的监测项目作单因子评价法评价,得出各水质监测点的水质类别  $P_i$ ,再将水质类别作算术平均得出横江流域的水质类别  $P$ ,计算公式为

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

#### 2.3.2 方法二:综合指数法与面积加权

首先计算水质综合指数。综合指数法为了综合反应监测站点水质的综合状况,将评价项目分为 3 类,第一类为污染项目、第二类为一般化学指标、第三类为毒性项目(表 1),将 7 个水质监测站对应于表 1 的项目作为综合指数法评价参数,表 1 中未列项不参与评价,表 1 中已列但未监测项目不参与评价。

表 1 评价标准及分级指数 mg/L

评价项目	评价标准及分级指数					
	1 级 $I_{ik} = 20$	2 级 $I_{ik} = 40$	3 级 $I_{ik} = 60$	4 级 $I_{ik} = 80$	5 级 $I_{ik} = 100$	
第一类 污染项目	氨氮	≤0.1	≤0.2	≤1.0	≤2.0	≤8.0
	溶解氧	≥(饱和度) 90%	≥6	≥5	≥3	≥2
	COD <sub>Mn</sub>	≤2	≤4	≤6	≤8	≤10
	粪大肠菌群/ (个·L <sup>-1</sup> )	≤2000	≤5000	≤10000	≤20000	≤100000
第二类 一般化学指标	pH		6.5~8.5			6~9
	总硬度	≤80	≤300	≤450	≤500	≤600
	硫酸盐	250 以下	≤250	≤250	≤250	≤250
	氯化物	250 以下	≤250	≤250	≤250	≤250
	溶解性铁	0.3 以下	≤0.3	≤0.5	≤0.5	≤1.0
	总锰	0.1 以下	≤0.1	≤0.1	≤0.5	≤1.0
	总铜	0.01 以下	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0
	总锌	≤0.05	≤1.0	≤1.0	≤2.0	≤2.0
第三类 毒性项目	挥发酚	≤0.002	≤0.002	≤0.005	≤0.01	≤0.1
	氟化物	1.0 以下	≤1.0	≤1.0	≤1.5	≤1.5
	总氰化物	≤0.005	≤0.005	≤0.2	≤0.2	≤0.2
	总砷	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤0.1
	总汞	≤0.0001	≤0.0002	≤0.0005	≤0.001	≤0.001
	总镉	≤0.001	≤0.005	≤0.005	≤0.005	≤0.01
	总铅	≤0.01	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.1
	六价铬	≤0.01	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.1
	硝酸盐氮	10 以下	≤10	≤20	≤20	≤25
	亚硝酸盐氮	≤0.06	≤0.1	≤0.15	≤1.0	≤1.0

注:①粪大肠菌群的评价以 GB 3838—2002 标准为基础,对类值作了适当调整;②氨氮、总汞和总硬度执行 SL63—1994 标准;③总硬度不进行评价,仅用于估计重金属的毒性。

单项指数<sup>[5]</sup>：

$$I_i = \frac{\rho_i - \rho_{i,k}}{\rho_{i,k+1} - \rho_{i,k}} \times 20 + I_{i,k} \quad (2)$$

式中： $\rho_i$  为  $i$  项评价项目的实测质量浓度； $\rho_{i,k}$  为  $i$  项评价项目的  $k$  级标准值； $\rho_{i,k+1}$  为  $i$  项评价项目的  $k+1$  级标准浓度； $I_{i,k}$  为  $i$  项评价项目的  $k$  级指数值。

分类指数：

$$(I_L)_{\max} = (I_I, I_{II}, I_{III})_{\max} \quad (3)$$

a. 对第一类项目( $I_I$ )地表水污染项目和易净化的项目,取各单项指数和的均值,即  $I_I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i (i = 1, 2, \dots, n)$

b. 对第二、三类项目( $I_{II}$ 、 $I_{III}$ ) (一般化学指标、毒性项目),分别取单项指数的最高者,即  $I_{II} = (I_{II})_{\max}$ 、 $I_{III} = (I_{III})_{\max}$ 。

水质指数 ( $W_{QI}$ ):取上述 3 类最高者,  $W_{QI} = (I_L)_{\max}$ 。

指数含义： $0 < W_{QI} \leq 20$ , 水资源质量为 1 级,是水质优良的供水水源地； $20 < W_{QI} \leq 40$ , 水资源质量为 2 级,是水质良好的供水水源地； $40 < W_{QI} \leq 60$ , 水资源质量为 3 级,是水质尚好的供水水源地。上述三类均为水质合格的水源地； $60 < W_{QI} \leq 80$ , 水资源质量为 4 级,水源已受到污染,深度处理后才能用于饮用水； $80 < W_{QI} \leq 100$ , 水资源质量为 5 级,属严重污染水源地； $W_{QI} > 100$ , 水资源质量为超 5 级,属极严重污染的水源地。

根据以上计算方法,计算出各水质监测站点综合水质指数级  $J_j$  后,采用面积加权法计算横江流域水质指数级  $\bar{J}$ 。即：

$$\bar{J} = \sum_{i=1}^n \left( J_j \frac{F_j}{F} \right) \quad (4)$$

式中： $F$  为流域总面积； $F_j$  为第  $j$  个监测站的区间面积。

### 2.2.3 方法三 综合指数法与径流加权

首先计算出各水质监测站点综合水质指数级  $J_j$  后,其计算同方法二,在此不再赘述。然后,采用径流加权法计算横江流域水质指数级  $\bar{J}$ ,即：

$$\bar{J} = \sum_{i=1}^n \left( J_j \frac{W_j}{W} \right) \quad (5)$$

式中： $W$  为流域总径流量； $W_j$  为第  $j$  个监测站的区间径流量。

### 2.4 不同方法水环境质量综合评价结果

按照上述 3 种计算方法,分别对横江流域 2008 年各监测站点水质参数(表 2)进行评价,结果见表 3。

从表 3 可看出,用方法一得出的流域整体综合

水质类别较其他两种方法偏大,主要是因为单因子评价法是使用所监测项目中水质类别最差的水质指标作为水质监测站代表流域的水质状况,算术平均法则是每一个监测站点的水质指标在综合考虑整个流域水质状况时,所占比例是相同的,忽视了流域内径流量大小对水质类别的影响,所以使用方法一的评价结果会使整个流域的水质降低,偏离流域的正常水质状况,故不推荐使用此方法对流域水环境质量进行综合评价。

表 2 2008 年横江流域水质监测站部分水质数据

		mg/L							
评价项目		鱼洞(五)	新泉	箐口塘	马路村	豆沙关	牛街	横江大桥	
第一类	污染项目	氨氮	0.11	2.69	0.76	0.25	0.21	0.17	0.20
		溶解氧	8.7	4.5	8.0	9.2	9.8	9.5	8.3
		COD <sub>Mn</sub>	1.4	4.8	1.9	1.5	1.1	1.3	1.3
第二类	一般化学指标	pH	7.8	7.6	7.8	8.0	8.0	7.9	8.1
		总硬度	34.4	248	82.6	171	135	132	130
		硫酸盐	5.49	78.8	18.1	54.1	27.1	37.7	30.9
		氯化物	2.33	27.6	6.78	2.50	1.56	4.17	5.73
		溶解性铁	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总锰	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总铜	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总锌	< DL	< DL	0.122	0.074	< DL	< DL	< DL
	挥发酚	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	
第三类	毒性项目	氟化物	0.08	0.34	0.21	0.10	0.12	0.10	0.10
		总氰化物	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总砷	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总汞	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总镉	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		总铅	< DL	< DL	0.012	0.056	< DL	< DL	0.011
		六价铬	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL
		硝酸盐氮	0.64	0.61	1.17	1.29	1.50	1.70	1.37
	亚硝酸盐氮	0.004	0.101	0.039	0.006	0.014	0.014	0.010	

注：< DL 表示未检出。

表 3 横江流域多种方法水质评价类(级)别对照

站名(流域)	区间面积/km <sup>2</sup>	区间径流量/亿 m <sup>3</sup>	权重		水质评价类(级)		
			区间面积	径流量	方法一	方法二	方法三
鱼洞(五)	702	3.542	0.047	0.033	2	1	1
新泉	802	2.267	0.054	0.021	6	6	6
箐口塘	605	5.860	0.040	0.055	3	2	2
马路村	4014	25.80	0.268	0.243	5	2	2
豆沙关	2808	22.67	0.187	0.213	3	1	1
牛街	2665	28.14	0.178	0.265	2	1	1
横江大桥	3384	18.01	0.226	0.169	2	2	2
横江流域					4	3	3

方法二与方法三得到的评价结果是一致的(表 3),但在计算过程中发现使用方法二得到评价结果略高于方法三,主要是因为方法二把影响水质的污染物在面积上进行了平均化,假定污染物在面积上都是平均分布的,虽然考虑了面积与污染物总量的关系,但没考虑径流总量与污染物浓度之间的关系,所以评价结果略大于方法三;方法三是 3 种方法评

价结果中偏小的一个,原因是径流总量是通过径流深与面积计算出来的,因而方法三不仅考虑了面积大小对污染物总量的影响,同时也考虑了面积上径流总量对污染物浓度的影响,所以评价结果更为合理、可靠。

### 3 结论与建议

通过对横江流域水环境质量综合评价三种方法对比,方法一的评价结果较其他两种方法偏大,故不推荐使用此方法对流域水环境质量进行综合评价。对于其他两种方法,首先应对流域内各水质监测站点的枯、丰水期的水质监测参数采用单因子评价法进行评价,分析径流对枯、丰水期水质的影响。如径流对其水质影响不大,建议使用方法二进行流域水环境质量综合评价;如流域水质与径流大小有着密

(上接第56页)

### 4 结语

笔者在建立城市水资源可持续利用指标体系的基础上,利用层次分析法和综合指数法对厦门市水资源可持续利用水平进行综合评价,评价结果与实际吻合较好。因此文中指标体系和评价方法具有一定的合理性与可行性。

#### 参考文献:

[1] 叶义成,柯丽华,黄德育.系统综合评价技术及其应用[M].北京:冶金工业出版社,2006.

[2] 申毅荣,解建仓.水资源可持续发展的评价模型及其应用[J].求索,2007(9):66-68.

[3] 左东启,戴树声,袁汝华,等.水资源评价指标体系研究[J].水科学进展,1996,(4):367-374.

[4] 程乖梅,何士华.区域水资源可持续利用评价[J].水文,2006,26(5):20-24.

[5] 张丽萍,朱钟麟,邓良基.水资源评价指标体系的研究现状及问题探讨[J].国土资源科技管理,2004(4):5-9.

[6] 孙才志,张蕾,闫冬.我国水资源安全影响因素与发展态势研究[J].水利经济,2008,26(1):1-4.

[7] VAIDYA O S, KUMAR S. Analytic hierarchy process: an overview of applications[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 169(1):1-29.

[8] 欧莉.运用层次分析法科学确定评标权重[J].中外建筑,2005(2):96-97.

[9] 宋松柏.区域水资源可持续利用指标及评价方法研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2003.

[10] 厦门经济特区年鉴编辑委员会.厦门经济特区年鉴(2001—2007年)[M].北京:中国统计出版社,2002-2008.

切联系,建议使用方法三进行流域水环境质量综合评价。

#### 参考文献:

[1] 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.

[2] 云南省水文水资源局昭通分局.昭通市水文特性研究[R].昭通:云南省水文水资源局昭通分局,1997.

[3] 昭通市水利局,云南省水文水资源局昭通分局.昭通市水资源公报[R].昭通:昭通市水利局,云南省水文水资源局昭通分局,2008.

[4] 陆铭锋,徐彬,杨旭昌.太湖水质评价计算方法及近年来水质变化分析[J].水资源保护,2008(5):31-32.

[5] 水利部.重要城市主要供水水源地水资源质量旬报编制规定[G].北京:水利部,2005.

(收稿日期:2009-07-08 编辑:高渭文)

[11] 厦门市水利局.厦门市水资源公报[R].厦门:厦门市水利局,2001—2007.

[12] 王晓光,王启成.面向生态的水资源可持续利用对策研究[J].水资源保护,2003(3):37-38.

[13] 吕振霖.江苏水资源管理与保护的对策思考[J].水资源保护,2008,24(4):78-82.

[14] 何俊仕,林洪孝.水资源概论[M].北京:中国农业大学出版社,2006.

(收稿日期:2010-04-23 编辑:徐娟)

#### · 简讯 ·

### “第八届全国泥沙基本理论研究学术讨论会”将在南京召开

由中国水利学会泥沙专业委员会主办,水文水资源与水利工程科学国家重点实验室、河海大学、南京水利科学研究院承办的“第八届全国泥沙基本理论研究学术讨论会”将于2011年11月在南京召开。会议主题为“河口海岸与河流演变”。会议的主要议题有:(1)河口海岸泥沙,包括河口海岸动力与泥沙运动、沿海开发与海岸演变、河口海岸泥沙与生态、河口治理及港口航道整治;(2)泥沙输移规律,包括流域侵蚀、沉积、搬运过程,以及河流泥沙运动规律、河床演变及河道整治;(3)工程泥沙、模拟理论与试验技术,包括港口及水利枢纽泥沙、涉河建筑物冲刷及防护、水沙数值模拟理论与技术、水沙试验及量测新技术;(4)环境生态、资源泥沙,包括泥沙与污染治理、泥沙与生态保护、疏浚吹填及泥沙循环利用、泥沙资源化;(5)泥沙灾害与防护,包括水土流失及治理措施、泥石流和滑坡发生机理及其治理措施、河流泥沙灾害及治理措施。会议网址:<http://www.difut.cn/sediment2011.htm>

(本刊编辑部供稿)