

# 行政区交界断面水资源量质评价研究 ——以九乡河交界断面为例

王 莹,于飞龙,冯艳红,吴 琼,陈文权

(江苏省水文水资源勘测局南京分局,江苏 南京 210008)

**摘要:** 研究将污染物通量作为考核指标,以九乡河的衡山洼桥断面为监测断面,进行了连续 12 个月的水质数据监测,然后通过水质指标和水量指标计算出九乡河衡山洼桥断面的污染物通量,并采用横向和纵向相结合的综合评价方法对其进行考核,最终得出衡山洼桥交界断面的 COD 评价结果为良,氨氮评价结果为差。该研究成果有利于推动最严格水资源管理工作的落实并提供技术支撑,也可为交界河流断面的管理提供依据。

**关键词:** 污染物通量;交界断面;量质评价;考核

中图分类号: TV231

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2018) 02-0001-06

## Study on quantity and quality evaluation of water resources at section crossing administrative region—a case study of the cross section of Jiuxiang River

WANG Ying, YU Feilong, FENG Yanhong, WU Qiong, CHEN Wenquan

(Nanjing Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210008, Jiangsu)

**Abstract:** In this study, the pollutant flux was used as the assessment index, with the section of Hengshanwa Bridge on Jiuxiang River as an example, and the water quality data were monitored for 12 consecutive months. The water quality index and water quantity index were used to calculate the water quality of the section of Hengshanwa Bridge on Jiuxiang River. The combination of horizontal and vertical comprehensive evaluation method is used to examine the flux of pollutants. The results show that the evaluation results of COD in Hengshanwa Bridge are good and the evaluation result of ammonia nitrogen is poor. The comprehensive evaluation method will be helpful to promote the implementation of the most stringent water resources management in China, providing technical supports for the long-term fair and just, and effective advancement, and to provide the relevant basis for the management of the cross-border river.

**Key words:** pollutant flux; cross section; quantity and quality evaluation; examine

### 1 概述

跨行政区域的交界断面考核能够对各行政区域进行定量的评价和考核,其在明确水环境保护目标、污染物减排等方面起到了重大作用。目前,典型的跨

行政区域的交界断面水质评价方法有《浙江省跨行政区域河流交接断面水质保护管理考核方法》和广州市环境监测中心站研究制定的河涌整治水质评价体系,前者规定了交接断面水质考核指标、评价方法、考核频率、考核等级等,后者则可对河涌整治前后水

收稿日期: 2017-12-27

作者简介: 王莹(1981-),女,本科,工程师,主要从事水环境监测与评价工作。

环境质量改善程度进行评价。

1997年,联合国教科文组织将水资源定义为“可利用或有可能被利用的水源,这个水源应具有足够的量和可用的质,并能在区域内为满足某种用途而可被利用”。此后,国际上开始有许多国家陆续开展水资源水质水量相结合评价的研究和讨论。2000年,Azevedo等<sup>[1]</sup>将水量水质相结合的目标纳入水资源管理的决策中,并成功应用于流域水资源管理;2002年,夏军主持承担全国水资源综合规划专题“水资源数量与质量联合评价方法及其应用”项目,首次系统地开展针对流域环境变化的水资源数量调查评价方法和针对水资源可利用数量与质量联合评价创新,提出一系列新的研究成果,并应用到河北省滦河流域、西部黑河流域、南方广东地区鉴江流域。由此,水资源是质与量的综合这一观点深入人心,越来越多的学者投入到水资源的水质水量联合评价中;2002~2005年,周劲松等<sup>[2]</sup>以黄河干流的水资源为例进行水质评价,提出了水资源功能容量与功能亏缺的概念,初步确立了水质水量相结合的方向;2003年,刘克岩等<sup>[3]</sup>提出以用水为主体的水质水量结合评价方法;2007年,刘克岩等<sup>[4]</sup>利用水功能区划条件区域水资源可利用量量质结合进行定量评价;2008年,王渺林等<sup>[5]</sup>提出以水功能区划水质水量相结合的评价方法,回答了水功能区划水质目标约束下的流域可用水量资源量的评价问题;2008年,童国庆<sup>[6]</sup>采用地理信息系统进行野外数据采集,利用水质水量模拟来确定和评估流域点源和非点源污染对水质的影响;2009年,陈家厚等<sup>[7]</sup>总结国内常见的跨行政区断面水质考核方法,通过两种打分方法,结合黑龙江省实例,按照水质类别法进行了考评分析,最后确定综合出境断面达标状况和入境断面水质对比的考核方法;2014年,徐小红等<sup>[8]</sup>提出一种城市跨行政区域河流交接断面水质指标评价方法的改进,提出城区存在多个上游断面时计算虚拟上游断面污染物浓度的计算方法,并对水质变化程度进行评分考核。

然而,在目前最严格水资源管理制度实际考核工作中,对于行政区交界河流断面如何考核、如何确定污染贡献率等一直存在职责不清、缺少有效的监测数据和核算依据等问题,从而在一定程度上影响了考核结果的公平和公正,而国内外相关方面的研究很少。因此,本研究以九乡河衡山洼桥交界断面为例,提出了交界断面的考核指标和考核体系,对其水

资源量质进行了全面的评价。该方法有利于推动最严格水资源管理工作的落实,为该制度考核能够长期公平、公正、有效地开展提供技术支撑,同时也能为交界河流的管理提供依据。

## 2 监测及评价方法

### 2.1 代表性断面选取及监测频率

九乡河交界断面属于区界,位于南京市栖霞区和江宁区的交界处,由江宁区流入栖霞区,最后汇入长江。经过实地踏勘和分析,衡山洼桥位于行政区交界断面处,其上游汇水区域即为九乡河流域、龙泉流域和古泉流域3个小流域。在衡山洼桥设置水质监测点(如图1),水量和水质监测频率为每月1次,通过连续12个月的监测获得该断面的一系列水质和水量的监测数据。

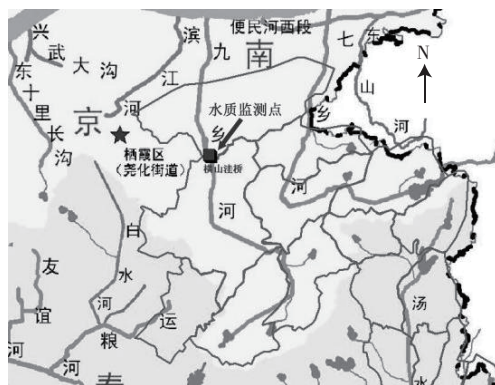


图1 九乡河水水质监测点示意图

### 2.2 水质评价方法

对于一条确定的河流,从理论上来说,该河流任一断面的污染物通量可以通过监测手段和计算而获得(即水质水量同步监测)。若该河流划分了水功能区(有明确的水质目标),且河流出口处亦是行政区交界断面,那么在水功能区达标的前提下,该交界断面的污染物通量和限制排污总量有如下关系:

$$T \leq W_{\text{限排}} + W_{\text{本底}} \quad (1)$$

式(1)中, $T$ 为通过该交界断面的污染物通量,  $t/a$ ;  $W_{\text{限排}}$ 为该河流水功能区的限制排污总量,  $t/a$ ;  $W_{\text{本底}}$ 为该河流水功能区的本底污染量,  $t/a$ 。

若河流中间某一断面是行政区交界断面,则可按照上下游关系确定交界断面所代表的河流长度及相应的水质目标,合理确定该交界断面所代表的河流的限制排污总量。

采用污染物通量作为考核指标,对照交界断面所代表河流的限制排污总量以及河流本底污染量

加以分析比较。通过交界断面的污染物通量扣除河流本底污染物量后,如不大于限制排污总量,则该交界断面所代表的上游河流达标,反之则不达标。而水功能区的限制排污总量已通过《省水利厅、省发展和改革委员会关于水功能区纳污能力和限制排污总量的意见》(苏水资〔2014〕26号)发布,可作为考核的标准值直接加以使用和评价。

### 2.3 污染物通量计算

#### (1) 通量计算模型

根据污染物通量的定义,对于某一特定的水污染物指标,其污染物通量计算模型为:

$$T = \sum_{i=1}^{12} C_i \times Q_i \times 10^{-2} \quad (2)$$

式(2)中, $T$ 为通过交界断面的污染物通量,t/a; $C_i$ 为交界断面处水质监测指标月均浓度,mg/L; $Q_i$ 为每月通过交界断面的河道流量(地表径流量),万 $m^3$ 。

#### (2) 水质监测指标

《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)水质监测指标繁多,常规监测指标也有24项。监测所有的指标不仅加大工作量,还会冲淡主导因素作用,既不科学,也不必要。因此,需对现有的监测指标进行筛选。根据常规水质资料分析报告,2013~2015年南京市水功能区达标率分别为42.0%、46.9%、58.4%;参与评价的地表水常规水质站点中,Ⅲ类水达标率分别为52.8%、53.4%、54.9%,主要污染因子为氨氮、化学需氧量、高锰酸盐指数。化学需氧量和高锰酸盐指数相关,因此选取高锰酸盐指数和氨氮作为水质监测指标。

#### (3) 水量监测指标

水量指标可通过实测手段获得,但大多数情况下不具备监测条件,在污染物通量计算中可用径流量代替。径流量的计算,需对交界断面控制流域的地形地貌、土壤特质和植被等情况进行分析,参考流域资料,设定交界断面控制流域的径流系数 $k$ ,以及流域面积 $S$ ( $km^2$ ),根据实测降水资料可得控制流域某个时段内的面平均降雨量 $P$ (mm)。由此得出时段内该交界断面的计算径流量 $Q_i$ (万 $m^3$ ),计算公式:

$$Q_i = k \times S \times P \times 10^{-1} \quad (3)$$

径流系数 $k$ 的率定和校正:分别选定丰水期和枯水期的多个降雨径流过程进行流量实测,得出实测径流量 $Q_c$ ,通过不断调整径流系数 $k$ 的值,直到得出的计算径流量 $Q_i$ 和实测径流量 $Q_c$ 一致,此时的 $k$ 值即为适合该代表性交界断面的径流系数。在实测资料缺乏时,也可引用水资源综合规划、水资源公报等技术资料中的径流系数。

### 2.4 限制排污总量确定

限制排污总量以《省水利厅、省发展和改革委员会关于水功能区纳污能力和限制排污总量的意见》(苏水资〔2014〕26号)中所确定的地表水功能区的纳污能力与限制排污总量为依据,该文件中提出了九乡河2015~2020年的限制排污总量。在进行年度评价过程中,可采用内插法确定九乡河各个年度的水功能区限制排污总量。

### 2.5 交界断面本底污染物量确定

对于某条河流被划分为若干个水功能区的情况,一般各功能区本底浓度 $C_0$ 均采用上游相邻水功能区的水质目标 $C_s$ ,在此条件下交界断面本底污染物量即为交界断面所处水功能区上游相邻水功能区的水质目标值 $C_s$ 与通过交界断面的水量 $Q$ 之积。

对于某条河流只划分一个水功能区的情况,确定水质的本底值时,需要假定该河流在未受任何污染影响的情况下,分析其水质指标的原始含量以及在水体中分布的正常值。这需要根据流域、地质、河流水系、降雨等各类要素综合分析确定。在实际工作中,可按照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅰ类水标准值进行分析计算。

### 2.6 考核评价方法

为了全面、客观评价考核交界断面的水资源量质情况,本研究采用横向和纵向相结合的综合评价方法对交界断面进行考核。

横向评价主要是根据建立的通量考核模型计算出交界断面的污染物通量,扣除本底污染物量后,对比该交界断面的限制排污总量,根据差值大小分级评分。其等级划分具体评价分值如表1所示。

表1 横向评价等级划分表

$a$ (%)	$0 < a \leq 40$	$40 < a \leq 80$	$80 < a \leq 100$	$100 < a \leq 120$	$120 < a \leq 160$	$a > 160$
等级	优	良	合格	不合格	差	极差
等级得分	100	80	60	40	20	0

注:其中 $a$ 为通量扣除本底后占限排总量的百分比。



纵向评价主要是对交界断面污染物通量变化情况、水质改善情况进行考核。增加了其他相关的考核项,在横向评价的基础上进行更加细致的打分,作为横向考核的补充,使得评价系统更加完善,主要考核项目为污染物通量比值。其等级划分具体评价分值详见表 2。

最后,根据横向得分进行评价,在横向得分的基础上进行改善状况评价,以充分反映交界断面的实际情况。

当出现左右岸关系等特殊情况的交界断面时,在考察交界断面污染物通量及横向和纵向评价的基础上,应根据左右岸支流汇入情况、排污情况计算左右岸污染物通量权重,从而进一步评价计分,分清责任。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 九乡河衡山洼桥断面水质监测时间及数据

课题组对衡山洼桥水质监测点进行了连续 12 个月的监测,选用 2015 年 10 月至 2016 年 9 月的水质监测资料作为本次实例计算资料。具体水质数据见表 3。

#### 3.2 污染物通量计算

经查江宁地区 2011 ~ 2015 年水资源公报可知,江宁地区近 5 年的平均径流系数为 0.44。相应时段的降雨资料采用临近雨量资料整编站其林站,由此可得出衡山洼桥断面的污染物通量,详见表 4。

表中计算的污染因子为高锰酸盐指数和氨氮,为与限排总量指标(COD、氨氮)相对应,根据地表水中高锰酸盐指数和 COD(即化学需氧量)之间存在的相对关系,将高锰酸盐指数的通量乘以系数 3.3 得到 COD 的通量。即 2016 年通过衡山洼桥断面的污染物通量为 COD 825.7 t/a,氨氮 82.2 t/a。

而九乡河本底污染物量计算结果见表 5。

表 2 考核年度污染物通量与上一年度污染物通量比值

b ( % )	b < 80	80 ≤ b < 100	b = 100	100 < b ≤ 120	b > 120
改善程度	改善趋势明显	有改善趋势	无变化	有恶化趋势	恶化趋势明显

注: 其中 b 为考核年度通量与上一年度通量的比值。

表 3 衡山洼桥水质数据

时间	采样点	高锰酸盐指数 ( mg/L )	氨氮 ( mg/L )
2015 年 10 月	衡山洼桥	5.1	1.67
2015 年 11 月	衡山洼桥	6.2	1.59
2015 年 12 月	衡山洼桥	5.1	3.51
2016 年 1 月	衡山洼桥	7.9	5.06
2016 年 2 月	衡山洼桥	6.6	7.44
2016 年 3 月	衡山洼桥	6.5	4.64
2016 年 4 月	衡山洼桥	9.7	3.75
2016 年 5 月	衡山洼桥	7.2	3.52
2016 年 6 月	衡山洼桥	5.0	1.97
2016 年 7 月	衡山洼桥	5.6	0.06
2016 年 8 月	衡山洼桥	5.5	2.33
2016 年 9 月	衡山洼桥	6.9	1.87

表 4 衡山洼桥交界断面径流量及污染物通量计算表

时间	其林站月降水量 (mm)	径流量 (万 m <sup>3</sup> )	污染物通量 (kg)	
			高锰酸盐指数	氨氮
2015 年 10 月	12.5	32.1	1637.00	536.04
2015 年 11 月	114.5	294.0	18229.10	4674.88
2015 年 12 月	13.0	33.4	1702.48	1171.71
2016 年 1 月	62.5	160.5	12678.71	8120.79
2016 年 2 月	33.3	85.5	5643.60	6361.87
2016 年 3 月	39.5	101.4	6592.93	4706.34
2016 年 4 月	135.5	347.9	33750.41	13047.84
2016 年 5 月	173.0	444.2	31985.02	15637.12
2016 年 6 月	190.0	487.9	24394.48	9611.43
2016 年 7 月	406.0	1042.5	58382.41	625.53
2016 年 8 月	125.0	321.0	17653.90	7478.83
2016 年 9 月	112.0	544.4	37562.36	10179.94
总计	1935.8	3894.9	250212.38	82152.31

注: 其中汇流面积 58.36 km<sup>2</sup>, 径流系数 0.44。

表 5 九乡河本底污染物量

河流	断面	径流量 (万 m <sup>3</sup> )	污染物浓度 (mg/L)		本底污染物量 (t/a)	
			COD	氨氮	COD	氨氮
九乡河	衡山洼桥	3894.9	15.0	0.15	584.2	5.8

注: 根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002), I 类标准值为 COD 15 mg/L, 氨氮 0.15 mg/L。

因此, 扣除本底污染物量后, 通过衡山洼桥的污染物通量为 COD 241.5 t/a, 氨氮 76.4 t/a。

3.3 考核结果及评价分析

根据《省水利厅、省发展和改革委员会关于水功能区纳污能力和限制排污总量的意见》(苏水资〔2014〕26 号), 九乡河的纳污能力及限排总量见表 6。

结合图 1 可知, 九乡河小流域内, 衡山洼桥水质监测点下还有大学城和栖霞镇两个小流域, 经查《全市各小流域 10 年平均水土流失量统计》, 并结合水土保持监测地图对比可知, 栖霞镇和大学城的面积分别为 56.60 km<sup>2</sup> 和 28.58 km<sup>2</sup>, 共计 85.18 km<sup>2</sup>, 按控制面积对九乡河流域的限排总量进行拆分, 计算结果见表 7。

根据表 7, 九乡河衡山洼桥上段 2015 年的限排总量为 COD 457.0t/a、氨氮 62.2 t/a; 2020 年的限排总量为 COD 430.6t/a、氨氮 59.4t/a; 采用内插法计算, 九乡河衡山洼桥上段 2016 年的限排总量为 COD 451.7t/a、氨氮 61.6 t/a。

根据通量扣除本底后数值及限排总量数值, 并对照评价体系, 得到横向评价结果。见表 8。

根据计算结果, 扣除本底后, 九乡河交界断面计算结果为 COD 52.8%, 介于 40% ~ 80% 之间, 等级为良, 得 80 分; 氨氮 122.8%, 介于 120% ~ 160% 之间, 等级为差, 得 20 分。

纵向等级划分由污染物通量比值确定, 2015 年九乡河污染物通量计算结果见表 9。

表 6 九乡河纳污能力及限排总量

河流	水功能区名称	纳污能力 (t/a)		2015 年限排总量 (t/a)		2020 年限排总量 (t/a)	
		COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
九乡河	九乡河农业用水区	1045	61	1124	153	1059	146

表 7 九乡河衡山洼桥上段限排总量

水功能区名称	河段	2015 年限排总量 (t/a)		2020 年限排总量 (t/a)	
九乡河农业用水区	衡山洼桥上段	COD	氨氮	COD	氨氮
		457.0	62.2	430.6	59.4

表 8 横向评价结果表

项目	通量扣除本底后数值 (t/a)		限排总量数值 (t/a)		通量扣除本底后占限排总量的百分比 (%)	
污染物	COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
计算值	241.5	76.4	457.0	62.2	52.8	122.8
评价结果	——	——	——	——	良	差

表 9 衡山洼桥断面径流量及污染物通量计算表

时间	其林站 月降水量 (mm)	径流量 (万 m <sup>3</sup> )	污染物通量 (t/a)	
			高锰酸盐指数	氨氮
2014 年 10 月	23.0	59.1	4075.16	939.06
2014 年 11 月	84.0	215.7	14451.80	6686.66
2014 年 12 月	2.5	6.4	340.24	249.08
2015 年 1 月	28.5	73.2	6147.41	5466.80
2015 年 2 月	55.6	142.7	11707.30	6124.91
2015 年 3 月	88.0	226.0	10394.62	7185.84
2015 年 4 月	96.7	248.3	12415.51	5015.86
2015 年 5 月	112.5	288.9	21955.03	11353.06
2015 年 6 月	694.5	1783.4	107001.89	47615.84
2015 年 7 月	181.0	464.8	24633.29	20078.45
2015 年 8 月	160.0	410.9	24240.41	10312.45
2015 年 9 月	152.5	391.6	31327.65	4150.91
总计	1678.8	4310.9	268690.30	125178.94

(下转第 11 页)

（上接第 6 页）

对比表 4 和表 9, 根据污染物通量比值, 并对照评价体系, 得到纵向评价结果见表 10。

[1] 周劲松, 夏星辉, 杨志峰. 从水质角度论黄河干流水资源 [J]. 环境科学学报, 2002, 22 (3):338-342.

表 10 纵向评价结果表

项目	2016 年污染物通量 (t/a)		2015 年污染物通量 (t/a)		考核年度通量与上一年度通量的比值 b (%)	
污染物	COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
计算值	825.7	82.2	886.7	125.2	93.1	65.7
评价结果	——	——	——	——	有改善趋势	改善趋势明显

综合考虑横向得分和纵向得分可知, 衡山洼桥交界断面 COD 评分为 80 分, 评价结果为良, 与上年度通量相比有改善趋势; 氨氮评分为 20 分, 等级为差, 但与上年度通量相比改善趋势明显。

4 结论

通过九乡河衡山洼桥交界断面实测数据分析评价结果得出, 采用污染物通量指标可以将水质和水量两个要素结合起来, 不仅避免了单一因素 (如水质浓度指标) 评价不够全面的问题, 又能准确反映各污染物量的时空分布, 同时还能与政府主管部门的考核指标进行有机结合。因此, 采用通量考核指标比较符合现阶段水功能区限制纳污考核的实际。

参考文献:

[2] 刘克岩, 徐斌, 米玉华. 水资源水质水量结合评价方法及其应用 [J]. 水科学与工程, 2003 (1):6-8.

[3] 刘克岩, 王秀兰, 米玉华, 等. 水功能区水资源可利用量量质结合评价方法及其应用 [J]. 南水北调与水利科技, 2007, 5 (1):67-69.

[4] J Xia, M Wang.Runoff Changes and Distributed Hydrologic Simulation in the Upper Reaches of Yangtze River[J]. Resources Science, 2008, 30 (7):962-967.

[5] 童国庆. 澳大利亚基于 GIS 的水质水量模型研究 [J]. 水利水电快报, 2008, 29 (12):12-14.

[6] 陈家厚, 曲茉莉, 周爱申. 跨行政区界断面水质考核评价方法的探讨 [J]. 环境科学与管理, 2009, 34 (1):14-17.

[7] 徐小红, 陈雪颂. 一种城市跨行政区域河流交接断面水质指标评价方法的改进 [J]. 浙江水利科技, 2014, 42 (2):59-61.