

淮河干流水质断面污染物年通量估算

王 晖

(淮河流域水资源保护局 安徽 蚌埠 233001)

摘要 : 由于用不同估算方法得出的淮河干流水质断面污染物年通量值相差悬殊 , 因此 , 应结合淮河流域水环境的具体情况 , 根据各方法的适用性 , 选取较合理的方法对淮河干流水质断面污染物年通量值作出较合理的估算。用水质参数法衡量近几年淮河污染的情况 , 污染物质量浓度虽呈下降的趋势 , 但淮河干流的水质类别未见变化 ; 用污染物年通量值衡量近几年淮河污染情况 , 未出现逐年递减的趋势。这是因为淮河干流经过这些年来的治理 , 点源污染虽然得到了有效的控制 , 而面源污染问题却越来越突出。淮河干流几个代表性水质断面的污染物通量是沿程递增的。在进行 COD_{Mn} 、 NH_3-N 的年通量估算时 , 也计算了 BOD_5 、 COD 年通量 , 各参数年通量存在很好的一元线性相关关系 , 而各参数质量浓度之间并没有良好的一元线性相关关系。

关键词 : 污染物通量 淮河流域 估算方法 水质

中图分类号 : X522 文献标识码 : A 文章编号 : 1004-693X(2004)06-0037-03

污染物总量控制是水污染治理的一项重要措施。与污染物浓度控制相比 , 它兼顾了现有的污染治理水平和水体纳污能力 , 更符合实际情况 , 更容易实施。准确掌握河流污染物跨省界通量及时空分布 , 是落实总量控制制度、减少边界纠纷的重要前提之一 , 也可为污染治理决策提供依据。此外 , 在水质模型中以断面通量作为入流边界重要条件 , 预测下游水质 , 或通过估算断面通量之差和质量守恒定律 , 估算两断面之间的污染负荷(包括点源和非点源) ; 如果已知点源污染负荷 , 可进一步推算非点源污染负荷。

与断面瞬间通量相比 , 把握时段通量的估算误差相对较为困难 , 时段的跨度越大 , 期间通量波动变化的方式也就越复杂 , 而用有限次的实测数据加以把握也就越困难。污染物年通量估算的误差主要来源于流量、水情、采样点的代表性、水质分析方法、监测频率等。尽管有许多种估算方法可用来进行估算 , 由于不同估算方法计算出来的污染物年通量值相差悬殊 , 应该非常谨慎地选定估算方法。

1 污染物年通量估算方法

根据淮河干流现有的水质水文资料 , 文献 [1] 采用实测断面平均浓度、样品时间平均浓度、断面瞬时流量、采样期间平均流量、采样代表平均流量等概念 , 用 5 种计算方法来估算时段通量(表 1)。因为

各方法计算的通量相差较大 , 应深入分析各方法的特点 , 并结合淮河干流的污染特征决定方法的取舍。

时段通量

$$W = \int Q(t)C(t)dt \quad (1)$$

式中 : $Q(t)$ 为瞬时流量 ; $C(t)$ 为瞬时浓度。由于式(1)需记录每个瞬间的流量与浓度值 , 在实际工作中是无法实现的。因为在实际监测中 , 只能获得离散分布的、时间跨度较大的数据 , 所以时段通量

$$W = \sum_1^n Q_i C_i \Delta t_i = Q_a C_a T + \sum_1^n Q''_i C''_i \Delta t_i \quad (2)$$

式中 : Q_i 为流量 ; C_i 为浓度 ; Q_a 为时段平均流量 ; C_a 为时段平均浓度 ; T 为估算时段 ; Q''_i 为时均流量偏差 ; C''_i 为时均浓度偏差 ; n 为估算时间段的样品数量 ; 式(2)中第一项为时均流量和时均浓度的乘积项 , 第二项为时均离散项。

由于监测频次、监测时间与地点的代表性、分布概率和计算方法的不同 , 使得时段平均流量、时段平均浓度、流量时间距平值、浓度时间距平值以及流量、浓度时间距平值乘积的不同。方法 A、B 只包含了式(2)中第一项时均流量和时均浓度的乘积项 , 而忽略了第二项时均离散项 , 方法 C、D、E 则两者都包括。

选取数据资料相对充分、监测频率为每周一次的位于淮河干流豫皖省界的王家坝自动监测站作为分析对象 , 筛选出 5 种方法中最适于估算断面通量的方法 , 其它监测资料较少的断面可依据王家坝自

动监测站提供的筛选方法进行估算。

高。经比较 ,方法 C 和 D 估算结果相差不多 ,选取方法 D 较合理。

表 1 时段通量的估算方法及特点

估算式	方法要点	应用范围
$W_A = K \sum_1^n \frac{C_i}{n} \sum_1^n \frac{Q_i}{n}$	短时平均浓度 C_i 与短时平均流量 Q_i 之积	第一项远大于时均离散项的情况 ,弱化径流量的作用。
$W_B = K \left(\sum_1^n \frac{C_i}{n} \right) \bar{Q}_r$	短时浓度 C_i 平均与时段平均流量 $\bar{Q}_r$ 之积	第一项远大于时均离散项的情况 ,强调径流量的作用。
$W_C = K \sum_1^n \frac{C_i Q_i}{n}$	短时通量 $C_i Q_i$ 平均	弱化径流量的作用 ,较适合点源占优的情况。
$W_D = K \sum_1^n C_i \bar{Q}_p$	短时浓度 C_i 与代表时段平均流量 $\bar{Q}_p$ 之积	强调径流量的作用 ,较适合非点源占优的情况。
$W_E = K \frac{\sum_1^n C_i Q_i}{\sum_1^n Q_i} \bar{Q}_r$	时段通量平均浓度与时段平均流量 $\bar{Q}_r$ 之积	强调时段总径流量的作用 ,较适合非点源占优的情况。

注 : W 的下标表示计算方法 ; K 为估算时间段的转换系数(以下讨论取时间长度)。

2 王家坝自动监测站年通量结果分析

对豫皖省界的王家坝 2001 年 6 月至 2002 年 5 月的水质、水文资料进行 COD 估算 ,根据 5 种方法得出的通量值见表 2。方法 B 计算所得通量值为方法 C 的 1.5 倍 ,为方法 D 的 1.2 倍 ,这表明时均离散通量为负 ,方法 B 估算通量过大 ,方法 A 的结果虽与方法 C 和方法 D 的结果相差不多 ,但没有考虑时均离散项。时均离散远小于时均流量和时均浓度的乘积 ,不排除采用方法 A 的可能性。方法 C 弱化径流量的作用 ,较适合点源占优的情况 ,方法 D 和方法 E 强调径流量的作用 ,较适合非点源占优的情况 ,将流量与质量浓度进行一元线性回归分析 $R = -0.09$,说明流量与 COD 质量浓度几乎无一元线性相关关系 ,王家坝断面 COD 污染物来源属点源与非点源类型。从原始数据可以看出 ,当流量增大时 ,质量浓度并没有大的变化 ,因此不必强调径流量的作用。综合以上分析 ,选取方法 A。

表 2 王家坝断面 COD、NH₃-N 的年通量估算

污染指标	年均质量浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	年均流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	年通量/($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)				
			W_A	W_B	W_C	W_D	W_E
COD	11.420	81.975	21619	29522	19669	24399	27740
NH ₃ -N	1.652	81.975	3127	4271	3811	3978	5200

NH₃-N 的年通量估算见表 2。方法 B 通量值均大于方法 C、D 时均离散通量为负 ,流量与 NH₃-N 质量浓度进行一元线性回归分析 $R = 0.38$,说明流量与质量浓度有正相关关系。王家坝断面污染物 NH₃-N 是非点源污染物占优 ,只有方法 D 和 E 比较适于估算 ,而使用方法 E ,由于强调时段总径流量的作用 ,王家坝个别月份流量偏高 ,使得估算结果偏

3 淮河干流水质断面污染物年通量估算

淮河流域水资源保护局在淮河干流布设有 13 个水质监测断面 ,对水体进行每月 1 次的常规水质监测。主要监测项目包括 pH 值、DO、COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N 等约 30 项水质指标。通量估算需要流量资料 ,对淮滨、王家坝、鲁台子、吴家渡断面进行自 1999 ~ 2002 年的 COD_{Mn}、NH₃-N 的年通量估算 ,估算方法同王家坝自动监测站。

3.1 各水质监测站的水质状况

按文献 [2] 对各水质监测断面的水质进行单项评价 ,1999 ~ 2002 年各水质监测断面的水质参数值基本维持在Ⅳ类水标准。其中 1999 年的 NH₃-N 值除吴家渡断面外 ,其它断面均超Ⅴ类。近些年来淮河干流水质类别未见提高 ,但总体水质呈改善趋势 ,各监测断面水质情况见表 3。

表 3 各监测断面污染物质量浓度 mg/L

监测断面	1999 年		2000 年		2001 年		2002 年	
	NH ₃ -N	COD _{Mn}	NH ₃ -N	COD _{Mn}	NH ₃ -N	COD _{Mn}	NH ₃ -N	COD _{Mn}
淮 滨	2.36	7.74	1.74	7.09	1.03	6.82	1.23	7.32
王家坝	2.19	9.64	2.33	9.69	0.81	7.16	1.12	8.62
鲁台子	2.71	6.34	0.78	6.13	0.95	5.48	0.68	6.09
吴家渡	1.70	5.87	1.91	6.67	3.02	8.04	1.30	6.16

3.2 各监测断面的水文特征及相互关系

将各监测断面近年来的流量进行平均 ,王家坝的月平均流量最小 ,吴家渡的月平均流量最大。流量大小取决于上游来水情况。因为同处一条河流 ,水文气象条件相似 ,各监测断面流量之间应存在相关关系。对相邻站的月均流量进行一元线性相关分析 ,其相关性非常显著 ,各监测断面的水文特征及相互关系见表 4^[3] ,不相邻站的月均流量一元线性关系不明显。依据表 4 给出的关系式 ,可进一步推算出位于这几个断面附近的水质断面的流量 ,将流量与水质数据相结合算出通量。

表 4 监测断面的水文特征及相互关系

监测断面	集水面积 /km ²	河长 /km	河段比降 /10 ⁻⁴	月均流量 一元线性方程	相关 系数 R
淮 滨	16005	338	4.90	$Q_{\text{淮滨}} = Q_{\text{王家坝}} \times 1.127 - 52.4$	0.952
王家坝	30630	364	0.35		
鲁台子	88630	529	0.30	$Q_{\text{鲁台子}} = Q_{\text{王家坝}} \times 1.68 + 104.3$	0.893
吴家渡	121330	651	0.30	$Q_{\text{吴家渡}} = Q_{\text{鲁台子}} \times 1.10 + 16.1$	0.974

3.3 COD_{Mn}、NH₃-N 的年通量估算值

污染物通量沿淮河干流递增 ,对各站历年年通

表 5 监测断面 COD_{Mn}、NH₃-N 的年通量估算值

监测断面	1999 年		2000 年		2001 年		2002 年	
	NH ₃ -N	COD _{Mn}	NH ₃ -N	COD _{Mn}	NH ₃ -N	COD _{Mn}	NH ₃ -N	COD _{Mn}
淮 滨	2083.6	6096.0	6804.7	30409.1	1431.2	13647.6	2505.9	18665.5
王家坝	3530.6	16374.1	16330.0	68932.9	2424.2	20564.3	3906.6	35579.5
鲁台子	12749.0	38888.5	10916.3	184941.6	11969.7	37563.1	7301.0	87335.8
吴家渡	6641.1	36212.4	26030.5	226987.2	20864.0	58446.2	14259.1	91711.9

量进行比较,未出现逐年递减的趋势,见表 5。

淮河干流水质虽向好的方向发展,但水质断面的污染物通量未见减少。表 5 中 2000 年的 COD_{Mn}、NH₃-N 的年通量比其它年份均高,淮河流域的治污力度不断加强,点源污染得到了控制。原因是 1999 年和 2001 年淮河沿线出现严重干旱,降雨量小,雨水携带的面源污染负荷小,各水文站 2000 年 11、12 月份的流量值是 1999 年和 2001 年同月份的近 10 倍,水质参数的值不一定增大,但面源污染负荷大,污染物通量因而很大。由此可见,在研究流域水污染治理情况时,必须将水质和水量统一起来考虑,才能比较全面地反映污染治理情况。点源污染好控制,但面源污染就不太容易控制。只有污染物通量才能很好地反映污染负荷大小。

另外在进行 COD_{Mn}、NH₃-N 的年通量估算时,也

计算了 BOD₅、COD 的年通量,各参数年通量存在很好的线性相关关系,而各参数浓度之间并没有良好的线性相关关系。

$$\begin{aligned} W_{\text{COD}_{\text{Cr}}} &= 4.34 W_{\text{COD}_{\text{Mn}}} - 23829 & R &= 0.997 \\ W_{\text{COD}_{\text{Cr}}} &= 4.21 W_{\text{BOD}_5} + 48917 & R &= 0.939 \\ W_{\text{COD}_{\text{Mn}}} &= 0.95 W_{\text{BOD}_5} + 17529 & R &= 0.925 \end{aligned}$$

参考文献：

[1] 富国,雷坤,邢怡. 河流污染物时段通量估算方法分析 [A]. 中国环境水力学 [C]. 北京:中国水利水电出版社, 2002. 280~286.

[2] GB3838—2002 地表水环境质量标准 [S].

[3] 宁远,钱敏,王玉太. 淮河流域水利手册 [M]. 北京:科学出版社, 2003. 21, 76~82, 213~214.

(收稿日期 2003-08-07 编辑 舒建)

(上接第 19 页)

b. 加强行业管理,规范监测行为。绿洲水文监测,是一个靠众多单位共同组织,监测队伍庞大而技术水平参差不齐的系统工程,要确保监测成果的可靠性,需要实施行业管理。行业管理的职能为:统一监测技术标准,监督检查监测行为的规范性,组织技术培训,核准监测人员上岗资质,审核认定监测成果,管理维护监测信息档案,实行监测信息的资源共享。在监测资料汇总整编和水资源利用评价中,要注重各级水行政管理部门和流域管理机构“统”的作用。

c. 积极引入“工程带监测”机制。目前,普遍存在“重主体工程,轻配套管理设施建设”的现象,这种状况与现代化工程管理的工程要求极不适应。要紧紧依托灌区骨干工程建设,在实施大型灌区续建配套节水改造、水库除险加固、牧区水利等灌区新建项目的同时,推动绿洲水文监测站网建设。将绿洲水文监测及水资源利用评价系统的建立与完善,作为标准化农田基本建设和可持续农业灌溉体系的重要标志之一,在建设资金等方面给予扶持。

5 结 语

没有绿洲就没有内陆干旱区的社会经济发展。

面向 21 世纪,内陆干旱区社会与经济的可持续发展和生态环境的保护与改善,其核心是水资源问题。由于水土资源不尽合理的开发利用,典型区域生态环境的严重恶化已向人们敲响了警钟。因此,内陆干旱区水资源有多大的承载力、水资源如何合理配置、威胁绿洲安全与发展的荒漠化与盐碱化如何防治、提高水资源的利用率的潜力估计及其主要的措施与途径等等,都是摆在人们面前需要回答的问题。而要回答这些问题,必须加强包括内陆干旱区水文过程(重点是水分转化规律)和作物耗水、尤其是生态耗水等在内的基础性研究。因此,建立绿洲水文监测及水资源利用评价系统是充分必要和迫切的。

参考文献：

[1] 邓铭江,蔡建元,董新光,等. 干旱地区内陆河流域水文问题的研究实践与展望 [J]. 水文, 2004, 24(3): 18~24.

[2] 新疆农业大学. 新疆平原区大气降水、灌溉水、土壤水与地下水水量转化实验研究 [M]. 新疆:新疆卫生出版社, 2002. 52~97.

(收稿日期 2004-06-16 编辑 舒建)