

河流污染趋势分析中的流量补偿*

林芳荣 吴亚蒂 赖飞舟

(水电部珠江水利委员会)

一、引 言

河流中某一物质成分在一年中往往只有轻微的变化,而流量的变化以及采样分析的离差,又常常掩盖了这种轻微的变化。现在,国内一般采用年平均浓度或年污染负荷,根据若干次瞬时采样分析所得出的浓度,逐年进行对照,来探索河流水质变化趋势。这种方法没有考虑江河流量的影响。实际上,由于河流对污染物有稀释作用,流量的大小决定其稀释能力,而且河流流量又时刻都在变化,单纯用污染物瞬时浓度的逐年变化来判断水质变化,很难得出真实的变化趋势。因此,Harred 等人^[1]提出在评价河流的污染趋势时必须考虑流量的影响。

本文介绍用流量补偿法来分析河流水质的变化趋势,并以珠江广州段作为实例,阐述这种方法在实际中的应用。

二、流量补偿法介绍

流量补偿法,是在评价河流水质变化时,考虑到河流流量的变化,避免或者减少单纯用“浓度”或“负荷量”评价水质变化而造成的错误判断。它的基本思路是:河流流量对于水质有重大影响。具体作法是:首先对有水质记录的每天流量进行标准化,然后根据标准流量对水质浓度进行相应的校正。在校正每天水质浓度的基础上,计算出年平均水质浓度——年标准浓度。以各年份的平均水质浓度为纵坐标,以年份为横坐标,点绘曲线或求回归线,即得水质变化趋势曲线。

对每天流量进行标准化,就是根据多年中心流量和每年中心流量来校正该年份的每天流量的过程。多年中心流量 Q_R 是多年平均流量 \bar{X}_R 和多年中位流量 M_R 的平均值:

$$(\bar{X}_R + M_R)/2 = Q_R \quad (1)$$

年中心流量 Q_Y 是年平均流量 \bar{X}_Y 和年中位流量 M_Y 的平均值:

$$(\bar{X}_Y + M_Y)/2 = Q_Y \quad (2)$$

多年中心流量减去年中心流量即为该年的补偿流量值 ΔQ :

$$Q_R - Q_Y = \Delta Q \quad (3)$$

每天流量 Q_D 加上该年的补偿流量值得出每天标准流量 Q_N :

$$Q_D + \Delta Q = Q_N \quad (4)$$

校正水质浓度,首先要确定流量与水质浓度是否相关。如果无相关,则此方法不适用。流量与水质浓度的相关关系一般可表达为:

$$C_D = aQ_D^b + c \quad (5)$$

式中 C_D 代表日平均水质浓度, Q_D 代表每天流量, a 、 b 、 c 为常数。把每天流量 Q_D 和标准流量 Q_N 分别代入(5)式,计算出相应于 Q_D 的水质浓度 C_{D1} ,相应于 Q_N 的水质浓度 C_{D2} ,将 C_{D1} 减去 C_{D2} 得补偿水质浓度:

$$C_{D1} - C_{D2} = \Delta C \quad (6)$$

将记录实测日平均水质浓度 C_D 减去补偿浓度 ΔC ,得出校正后的日平均水质浓度 C_N :

* 本文中引用的有关广州河段员村断面测流的数据资料,承蒙本委勘测总队[廖如筠]工程师提供并给予指导。有关广州河段 COD 分析资料系广州市自来水公司检验科提供,在此表示衷心感谢。

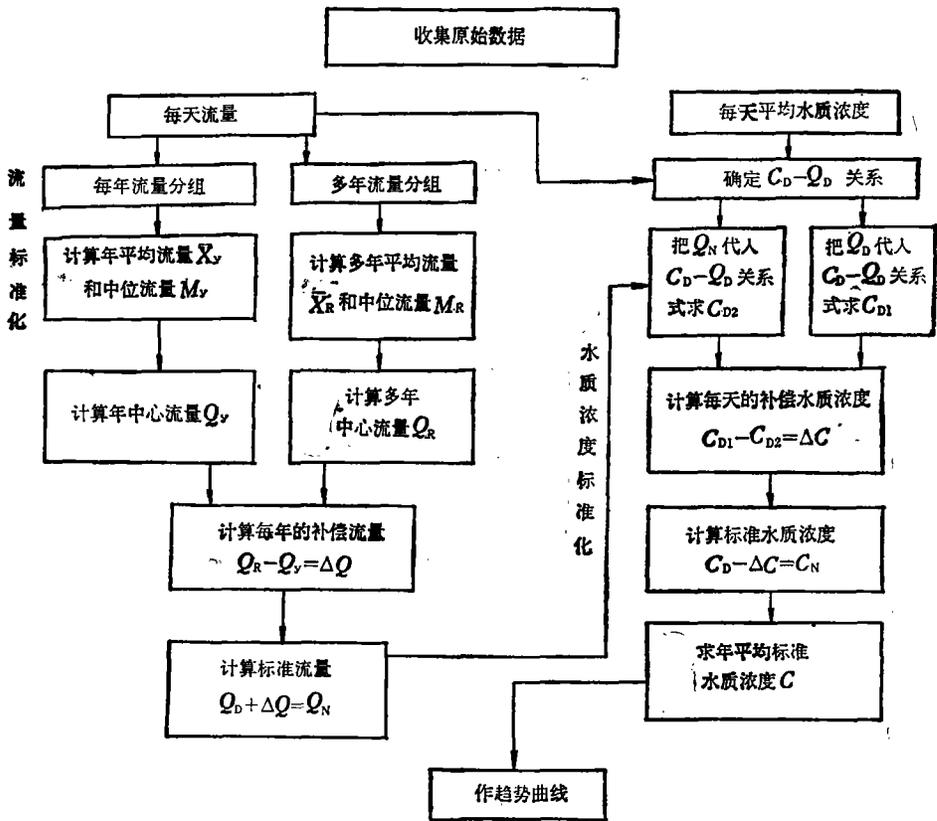


图 1 流量补偿法评价水质变化趋势计算流程图

$$C_D - \Delta C = C_N \quad (7)$$

最后,将各年的 C_N 求算术平均,得出各年的标准水质浓度 C :

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{Ni} \quad (8)$$

式中 n 为年内的测量次数。我们采用的计算步骤与 Harned 原来提出的略有不同。计算流程详见图 1。

三、流量补偿法分析广州河段有机污染的变化趋势

1. 流量的推算及统计特征值的计算

采用流量补偿法,首先必须取得河流的每天流量以及它的频数分布。广州河段靠近珠江口,受潮汐影响,感潮河流流量的测定和计算是很繁琐的。在水文年鉴中,广州河段

过去一直没有流量测定的记录,只有关于水位记载。考虑到河网三角洲地区河流流量计算的复杂性,我们采用一种间接的简化方法求流量。



图 2 珠江广州段位置示意图

自 1976 年 8 月至 1980 年 10 月,原珠江三角洲整治规划办公室在广州员村附近,先后三次(三个组合)测定流量。测流结果表明:广州河段的流量与三水水文站的流量有明显的相关关系(如图 3 所示)。根据测得数

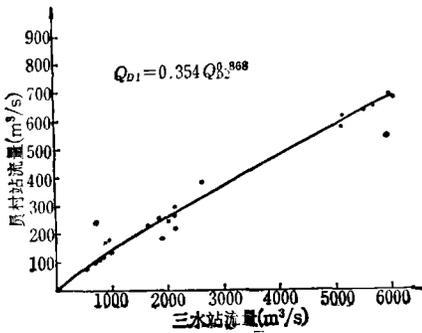


图 3 员村、三水站流量关系曲线

$$M = L + \frac{H}{f_0} \left(\frac{n}{2} - c \right) \quad (10)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (11)$$

式中 M 代表中位流量, L 代表中位数所在组的组段下限, H 代表组距, f_0 代表中位数所在组的频数, n 代表流量数据的个数, c 代表与中位数所在组前一组相对应(由上向下)的累计频数, Q_i 表示第 i 天的流量。中位流量和平均流量的计算结果列于表 1。

据, 在 TI-59 型可编程序计算器上, 用最小二乘法进行回归计算, 得出广州河段(员村)的流量 Q_{D1} 与三水水文站的流量 Q_{D2} 的关系是:

$$Q_{D1} = 0.354 Q_{D2}^{0.868} \quad (9)$$

显著性检验 $r = 0.942$, $d = 0.01$ 紧密相关。因此, 我们可以根据三水水文站的每天流量代入上式, 间接算出广州河段员村断面的每天流量。

计算流量统计特征值 \bar{X} 和 M , 用频数分布数列法计算, 将推算得到的 16 年的每天流量, 按 0—50—100—……—1350 组段, 共分为 27 组, 分别计算 16 年和逐年的频数分布数列, 绘出 16 年流量频率分布图(见图 4)。

表 1 历年中位流量和平均流量计算结果表

年份	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	
\bar{X}_Y	140	145	125	228	138	178	173	108	
M_Y	106	63.9	54	84.2	62.5	96.4	72.6	84.6	
年份	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
\bar{X}_Y	221	159	156	171	153	168	195	148	
M_Y	151	82.6	91.2	111	79.7	97.5	94.5	79.3	
多年(16年) \bar{X}_R	163 (m³/s)								
多年(16年) M_R	84.8 (m³/s)								

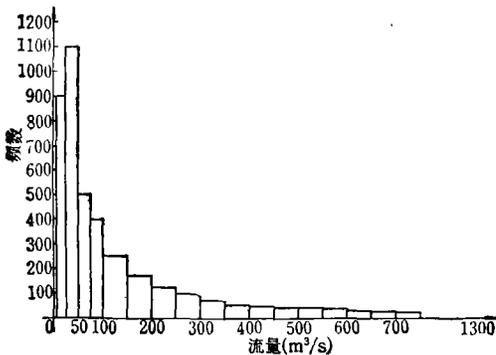


图 4 员村断面 16 年流量频数分布图

为了比较历年流量变化情况, 绘出历年流量变化图(见图 5)。

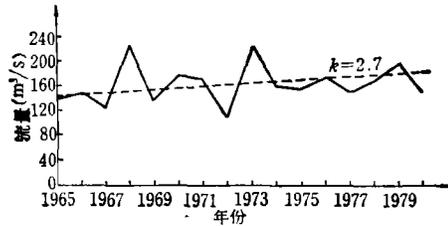


图 5 员村断面年平均流量历年变化曲线图

以 (10)、(11) 式分别计算 16 年的中位流量 M_R 及平均流量 \bar{X}_R 和各年的中位流量 M_Y , 年平均流量 \bar{X}_Y 。

2. 化学耗氧量 (COD) 与流量 Q 的关系

化学耗氧量 COD 是评价水体有机污染的重要指标, 因此, 我们选择 COD 作为研究的对象, 广州河段水体中的 COD 与流量 Q 密切相关。我们把在各种不同流量 Q 与相应的 COD 点绘成关系曲线(见图 6)。由图可见, 相关较好。由 TI-59 型电子计算器用最小二乘法回归计算, 得出关系式:

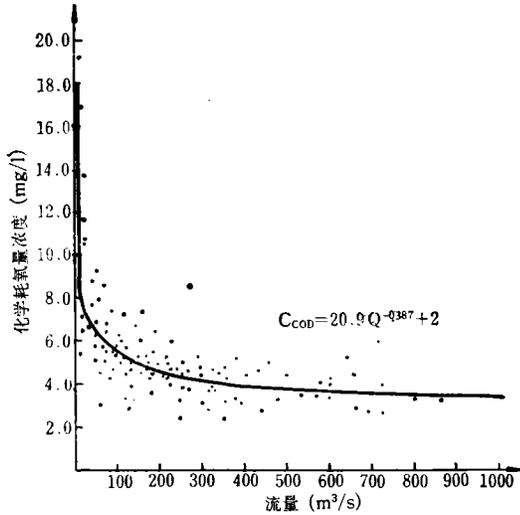


图 6 员村断面化学耗氧量与流量关系曲线

$$C_{DCOD} = 20.9Q_D^{-0.387} \quad (12)$$

相关显著性检验 $r = 0.34, d = 0.01$.

3. COD 变化趋势

以上分析表明, COD-Q 相关密切, 因此进一步进行计算. 根据图 1 的计算步骤, 编写计算程序, 在 TI-59 型电子计算器上进行计算, 计算结果在表 2 中列出, 并点绘趋势

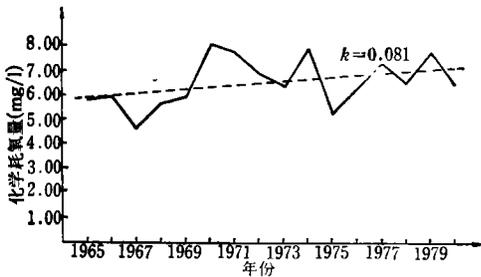


图 7 化学耗氧量年平均浓度历年变化趋势

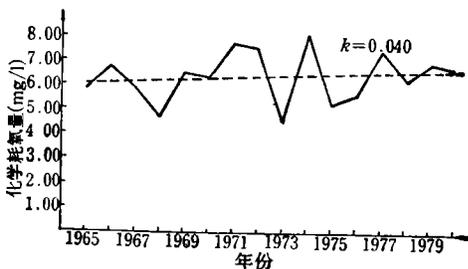


图 8 化学耗氧量年平均浓度变化趋势

曲线于图 7. 为了便于比较, 表 2 同时列出未经补偿的 COD 的平均值, 绘成趋势曲线, 见图 8.

表 2 历年 COD 浓度对照表

年份	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
经流量补偿的 COD 年平均浓度	5.81	5.95	4.68	5.65	5.95	8.08	7.75	6.83
未经流量补偿的 COD 年平均浓度	5.89	6.88	5.94	4.79	6.57	6.31	7.8	7.55
年份	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
经流量补偿的 COD 年平均浓度	6.35	7.92	5.25	6.29	7.26	6.48	7.78	6.45
未经流量补偿的 COD 年平均浓度	4.68	8.03	5.25	5.68	7.43	6.22	6.93	6.79

四、讨 论

用流量补偿法分析水质变化趋势, 可以消除流量的影响, 这样得出的结果, 应该是更为合理、更为客观地反映水质变化的趋势. 从图 7 可以看出, 员村断面 COD 浓度有上升趋势. 这种情况值得注意, 说明近 16 年来广州河段的有机污染有增加的趋势.

从图 6 可知, COD 与河水流量存在相关关系, COD 浓度随着流量大小而变化. 员村断面的流量变幅见图 5, 流量变幅较大, 最小平均流量为 108 米³/秒(1972 年), 最大年均流量为 228 米³/秒(1968 年), 并且有上升的趋势. 这样导致了 COD 浓度在各年间的变幅较大, 掩盖了 COD 的变化趋势(见图 8). 流量补偿法以多年中心流量为基准, 各年的中心流量校正后大致与多年中心流量相等, 消除了各年流量的变幅, 亦即消除 COD 浓度各年的变幅和流量的影响, 趋势曲线较平滑, 其回归斜率 k 从未经流量补偿的 0.040 增到 0.080. 从图 7 可以看出, 经过流量补偿以后, 各年的 COD 浓度的变化, 仍然表现出一定程度的跳动. 说明排入江段的有机污染物的数量仍然有一定的起伏. 因难以了解历

年的有机污染物排放情况,很难解释图7中曲线的起伏现象.

关于流量的求出,本文所采用的是一种间接的求法,即利用三水水文站的流量与广州员村断面流量的相关关系,推算出广州河段的流量. 必须指出,这种做法是一种权宜之计,它的合理性和正确性还需要进一步的验证. 从图3显然可以看出,这两个断面的流量密切相关,但是,这仅仅是根据三次、三个组合的测定结果而作出的分析. 水文变化的情况往往非常复杂,在各种不同的水文情况下,这两个断面的流量是否仍然保持这种

相关关系,还有待于进一步验证.

此外,流量补偿计算中还遇到这样的问题: 1968年和1973年的中心流量较大,则该年的补偿量 ΔQ 小,少于某天的每天流量,致使有几天的标准流量 Q_N 出现负值,这显然是不合理的. 因此,凡出现 Q_N 负值的流量在计算中弃去.

参 考 文 献

[1] Harned, D. A. et al, *Water Resources Research*, 17 (5), 1389 (1981).

两种不同地形条件下大气中氟化物的扩散规律探讨

胡 强 宁 武 夏 萍

(包头市环境保护科学研究所)

本文对包头地区包钢西边和北边两种不同地形条件下、氟化物在大气中的扩散规律进行了初步探讨.

一、污染源位置及周围地形条件简介

包头市北面是东西走向的阴山山脉,其

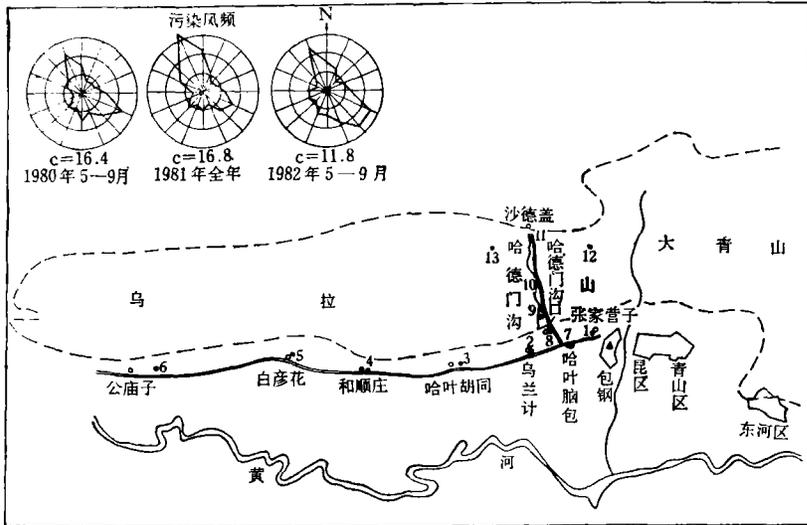


图 1 污染源及监测点地形位置示意图