

# 邕江亭子冲段污水处理初探

广西计算中心 乔中南 罗海鹏

南宁市环保监测站 徐浩然 匡洁人

## 提 要

本文根据邕江的流量、水位和六个监测断面测定的生化耗氧量,用逐步回归等方法,计算出各断面污染带宽度、污染带流量、污染带生化耗氧量平均浓度;给出了生化耗氧量平均浓度与污染源生化耗氧量浓度、断面过水流量和污染源距离三者之间关系的表达式。这项工作对预测邕江水质进而控制水质有一定的意义。

## 一、问题的提出

邕江是南宁市生产、生活的主要水源,也是南宁市生产、生活污水的主要纳污水体。为了控制和保护邕江的水质,现阶段,当生产和生活的污染物排放量可看作相对固定时,邕江的水环境容量就成为问题的关键。

现南宁市生产和生活用水主要取自邕江干流的岸边水域,因此邕江岸边污染带就成为我们研究的首要目标。通过几年来对邕江和南宁市内六条支流的监测,发现邕江在枯水期水体有机物局部污染相当普遍,其中以亭子冲段最为严重,因此选该段作为研究对象。

## 二、目的和设想

水环境容量一般包括基本环境容量和变动环境容量,本研究是由稀释作用产生的基本环境容量。我们希望通过实际监测分析,来确定江水流量和排污量与污染带宽度、长度和污染带内污染物平均浓度的经验关系式,从而达到控制和预测江水水质的目的。

## 三、断面与测点的布设和监测项目

限于人力和物力,我们在该段共布设六个采样断面,共计二十二个采样点。考虑到排污方式是连续稳定排放,故而采用同步采样方式。监测项目为PH值、溶解氧、化学耗氧量、生化耗氧量、溶解性固体、水温等。河道各横断面地形图由南宁市航道工区实测提供。水文资料由南宁市水文站提供。断面与测点的布设可参看邕江亭子冲段稀释自净研究监测断面布点简图,本文以后均简称为简图。

### 四、电算过程

本课题的全部计算，使用BCM—Ⅲ型微型计算机，采用CBASIC语言编制程序。

由于本课题的计算比较繁杂，如果只用一个程序在微型计算机上完成所有的计算，是比较困难的，而且也是难以实现的，主要的问题是机器的内存有限。所以，我们将整个计算分为如下几步进行：

第一，处理原始数据。为了提高机器的内存利用率，我们将计算时需要的所有原始数据，以及各程序计算出的中间数据，都以随机数据文件的形式，存入磁盘，以便在计算时随机地调用这些数据。原始数据有：南宁市第三水文站站址监测断面的流量Q和水位H，其中水位H是以珠基为换算基准，这方面的数据共有三十二天，即三十二组数据；再有，就是各个断面的断面构造参数，这些参数是根据各个断面的构造图而转换成相应的数据，本课题中参加计算的断面一共有六个，即一个参照断面和五个监测断面，这些断面的具体分布可参看简图；还有，各个断面监测点内的生化耗氧量（BOD）和化学耗氧量（COD）实测数据，共有二十二个监测点及三十二天的实测数据，这些监测点的具体分布可参看简图。

第二，计算出各个断面的污染带流量 $Q_c$ 。

第三，计算出各个断面污染带中生化耗氧量（BOD）的平均浓度 $C_p$ 。

第四，求出 $B_c$ 与 $C_o$ 、 $Q_z$ 、 $L$ 的关系，即求出 $B_c = f_1(C_o, Q_z, L)$ 中的未知函数 $f_1$ ，其中 $B_c$ 为污染带宽度， $C_o$ 为污染源生化耗氧量BOD的平均浓度， $Q_z$ 为断面过水流量， $L$ 为断面至污染原距离；求出 $C_p$ 与 $C_o$ 、 $Q_z$ 、 $L$ 的关系，即求出 $C_p = f_2(C_o, Q_z, L)$ 中的未知函数 $f_2$ ，其中， $C_p$ 为断面污染带内生化耗氧量BOD的平均浓度。

#### 1. 计算断面污染带流量 $Q_c$

污染带流量 $Q_c$ 值的大小，可以直接地反映出河水的稀释自净能力，而且对下一步计算污染带BOD平均浓度 $C_p$ 具有重要的作用，所以这一步的计算是关键性的一步。

在对各个断面污染带流量 $Q_c$ 计算时，假设其数学模式为

$$Q_{c_j} = f(B_{c_j}) \quad (1)$$

在（1）式中，下标 $j$ 表示为某一断面， $0 \leq j \leq 5$ ，它们分别地对应于一个参照断面和五个监测断面；自变量 $B_{c_j}$ 为某一断面的污染带宽度。

若要确定（1）式的关系。首先，分别地计算出各个断面的单宽积累流量，即断面总虚流量 $Q_s$ ，然后再根据各断面的总虚流量 $Q_s$ 来建立各个断面的单宽流量积累关系的数学模式，即

$$q_j = f(b_j) \quad (2)$$

在（2）式中， $j$ 表示某一断面， $0 \leq j \leq 5$ ；变量 $q_j$ 为第 $j$ 断面的单宽流量；自变量 $b_j$ 为第 $j$ 个断面上任意一点的单宽宽度。

其次，根据各断面监测点所提供的BOD数据，分别地计算出各个断面的污染带宽度 $B_c$ ，最后，再用逐步回归的方法求出（1）式的回归方程，其方程模式如下所示

$$Q_{c_j} = \sum_{k=0}^n B_{jk} \cdot B_{c_j}^k \quad (n=4)$$

$$= B_{j_0} + B_{j_1} \cdot B_{c_j} + B_{j_2} \cdot B_{c_j}^2 + B_{j_3} \cdot B_{c_j}^3 + B_{j_4} \cdot B_{c_j}^4 \quad (3)$$

在（3）式中，下标 $j$ 表示某一断面， $0 \leq j \leq 5$ ， $B_{jk}$ 为方程的系数。

### 1. 计算断面虚流量 $Q_s$

所谓虚流量 $Q_s$ ，其实就是被计算断面的单宽虚流量的累加和，其计算模式为

$$\begin{aligned} Q_{sij} &= \sum_{k=1}^m q_{sijk} & (m=31) \\ &= \sum_{k=1}^m (B_{ijk} \cdot H_{ijk}^{5/3}) & (4) \end{aligned}$$

在(4)式中，下标*i*表示为某一天， $1 \leq i \leq 32$ ；下标*j*表示某一断面， $0 \leq j \leq 5$ ；下标*k*表示断面上某一点， $1 \leq k \leq 32$ ；下标变量 $B_{ijk}$ 为第*i*天，第*j*个断面，第*k*点的单宽宽度；下标变量 $H_{ijk}$ 为对于 $B_{ijk}$ 的单宽平均水深；下标变量 $q_{sijk}$ 为单宽度流量。

这一步骤的计算结果可参看表1，该表中的数据是以第一天第一监测断面为例。

### 2. 计算断面单宽积累流量的方程

首先，根据断面总虚流量 $Q_s$ ，求出单宽原均虚流量 $\overline{q_s}$ ，即

$$\overline{q_{sij}} = Q_{sij}/m \quad (m=31) \quad (5)$$

然后，再根据(5)式中的 $\overline{q_{sij}}$ ，计算出与之对应的单宽宽度和单宽平均水深，即

$$\overline{q_{sijk}} = b_{ij} \cdot h_{ijk}^{5/3} \quad (6)$$

然而，(6)式中断面实际单宽原均流量为

$$\begin{aligned} q_{ijk} &= Q_{ij}/m & (m=31) \\ &= \frac{I^{1/2}}{N} \cdot b_{ijk} \cdot h_{ijk}^{5/3} & (7) \end{aligned}$$

在(7)式中， $Q_{ij}$ 为某一天某个断面的实际流量； $b_{ijk}$ 为计算 $q_s$ 时，调整后的实际单宽； $h_{ijk}$ 为对应于 $b_{ijk}$ 的单宽平均水深； $I$ 为比降， $N$ 为糙率，在同一断面则认为糙率和比降为一定值；计算结果参看表一。

最后，根据(7)式所计算出的数据，求出(2)式的回归方程，其方程模式如下所示

$$\begin{aligned} q_j &= B_{j0} + B_{j1} \cdot b_j + B_{j2} \cdot b_j^2 + B_{j3} \cdot b_j^3 + B_{j4} \cdot b_j^4 \\ &= \sum_{k=0}^4 B_{jk} \cdot b_j^k & (8) \end{aligned}$$

在(8)式中，下标*j*表示某一断面， $1 \leq j \leq 5$ ； $B_{jk}$ 为方程的系数，自变量 $b_j$ 为某断面单宽宽度；变量 $q_j$ 为某断面单宽流量。

通过这一步骤的计算，总共求出了五个监测断面的三十二天的方程，其相关系数均在0.975195以上，最高的可达0.99985。这些方程的一般式为

$$q_{ij} = \sum_{k=1}^n B_{ijk} \cdot b_{kj}^{k-1} \quad (9)$$

在(9)式中，下标*i*表示某一天， $1 \leq i \leq 32$ ； $n=5$ 。下面以第一天为例，给出五个监测断面的方程系数：

$$BB(1, 1, 1) = -9.52907822958$$

$$BB(1, 1, 2) = 0.356307014496$$

$$BB(1, 1, 3) = 4.67076702245E - 03$$

$$BB(1, 1, 4) = 0$$

$$BB(1, 1, 5) = -2.62964807625E - 08$$

$$BB(1, 2, 1) = -9.19441682157$$

$$BB(1, 2, 2) = 0.635480819314$$

$$BB(1, 2, 3) = 2.70440763282E - 03$$

$$BB(1, 2, 4) = 0$$

$$BB(1, 2, 5) = -1.58519826092E - 08$$

$$BB(1, 3, 1) = -100.052840088$$

$$BB(1, 3, 2) = 1.02499360287$$

$$BB(1, 3, 3) = 0.0112491836781$$

$$BB(1, 3, 4) = -5.77190476866E - 05$$

$$BB(1, 3, 5) = 7.5846458263E - 08$$

$$BB(1, 4, 1) = 292.884444039$$

$$BB(1, 4, 2) = -9.92885475812$$

$$BB(1, 4, 3) = 0.103847627914$$

$$BB(1, 4, 4) = -3.71213445425E - 04$$

$$BB(1, 4, 5) = 4.49090756308E - 07$$

$$BB(1, 5, 1) = 3.95900662894$$

$$BB(1, 5, 2) = -0.179202244713$$

$$BB(1, 5, 3) = 6.21564268051E - 03$$

$$BB(1, 5, 4) = 0$$

$$BB(1, 5, 5) = -2.65592042522E - 08$$

$$\rho = 0.999805510827$$

### 3. 计算污染带宽度Bc

污染带宽度Bc的计算,是根据污染物质在断面监测点上的垂线平均浓度来确定的。比如,以生化耗氧量(BOD)为例,若监测点的垂线BOD平均浓度超标,则认为该点内侧为污染带,目前定BOD≥4为超标值。根据这个原则,计算断面污染带宽度Bc的一般模式为:

$$Bc = \sum_{k=1}^n bc_k + \frac{bc_{n+1} - bc_n}{2} \quad (10)$$

在(10)式中, n为污染带内监测点数; bc<sub>k</sub>为污染带内某一监测点内的单宽宽度。如果再考虑到某一天,某一个断面的污染带宽度,那么(11)式就需改写成:

$$Bc_{ij} = \sum_{k=1}^n bc_{ijk} + \frac{bc_{i,jn+1} - bc_{i,jn}}{2} \quad (11)$$

根据(11)式,就可以求出五个断面三十二天内的污染带宽度。在(12)式中,下标i表示某一天, 1≤i≤32; 下标j表示某一个断面, 1≤j≤5。这一步的结果可参看表二。

### 4. 计算断面污水流量Qc

首先,根据前面几个步骤计算出的结果,即利用(11)式计算出的污染带宽度Bc的数

据, 代入(9)式, 同步地计算出五个监测断面在三十二天内的污染带流量 $Q_{c_{ij}}$ , 其计算结果可参看表二。

其次, 再根据(1)式所提出的函数关系式; 利用前面计算出的污染带流量的数据, 按断面进行回归计算, 求出(3)式所设想的回归方程, 经计算其各断面方程的系数如下所示:

$$ROU = 0.992232044462$$

$$B(0) = 3.4608E - 04$$

$$B(1) = 2467.61153753$$

$$B(2) = -119.253001249$$

$$B(3) = 1.91138563939$$

$$B(4) = -0.0101488817114$$

其中,  $Rou$ 为相关系数, 这里给出的系数是以第一监测断面的回归方程为例。

## 2. 计算污染带平均浓度 $C_P$

污染带平均浓度 $C_P$ 的计算, 是根据各个断面污染带内各监测点BOD的浓度, 以及污染带流量 $Q_c$ 来计算的, 其计算模式如下所示:

$$C_{Pij} = \frac{1}{Q_{c_{ij}}} \sum_{k=1}^n \frac{(C_{ijk} + C_{ijk+1}) \cdot (q_{c_{ijk+1}} - q_{c_{ijk}})}{2} \quad (12)$$

在(12)式中,  $C_{ijk}$ 为污染物质BOD的垂线平均浓度;  $n$ 为污染带内监测点数;  $q_{c_{ijk+1}} - q_{c_{ijk}}$ 为部份污染流量。其计算结果可参看表二

## 3. 求出 $C_0$ 、 $Q_z$ 、 $L$ 与 $C_P$ 的关系

假设已知污染源的污染物质(BOD)的平均浓度 $C_0$ 和断面过水流量 $Q_z$ , 以及污染源的距 $L$ , 求出污染带平均浓度 $C_P$ , 根据这一设想, 建立其数学模式如下所示:

$$C_P = f(C_0, Q_z, L) \quad (13)$$

为找出(13)式的函数关系, 采用了多元回归方法来建立回归方程, 其回归方程的模式为

$$\begin{aligned} C_P = & B_0 + B_1 \cdot C_0 + B_2 \cdot C_0^2 + B_3 \cdot C_0^3 \\ & + B_4 \cdot Q_z + B_5 \cdot Q_z^2 + B_6 \cdot Q_z^3 \\ & + B_7 \cdot L + B_8 \cdot L^2 + B_9 \cdot L^3 \end{aligned} \quad (14)$$

在(14)式中,  $B_0, B_1, \dots, B_9$ , 为方程的系数, 经计算其系数值为:

$$ROU = 0.695270746944$$

$$B(0) = -5.92096731209$$

$$B(1) = 0.124879545409$$

$$B(2) = -2.70809815726E - 04$$

$$B(3) = 1.77818934874E - 07$$

$$B(4) = 0.139327230414$$

$$B(5) = -2.02041896056E - 04$$

$$B(6) = 8.73858503728E - 08$$

$$B(7) = -0.259663387716$$

$$B(8) = 5.26714365219E - 04$$

$$B(9) = -2.43587474938E - 07$$

其中, Rou为复相关系。

#### 4. 求出 $C_o$ 、 $Q_z$ 、 $L$ 与 $B_c$ 的关系

其实, 计算  $B_c$  的方法, 与前一步计算  $C_p$  的方法基本上相同, 所不同的地方也只是参加回归时的实验数据  $B_c$  的不同, 因为计算  $B_c$  的数学模式为:

$$B_c = f(C_o, Q_z, L) \quad (15)$$

设 (15) 式的回归方程模式为:

$$\begin{aligned} B_c = & b_0 + b_1 c_o + b_2 c_o^2 + b_3 c_o^3 \\ & + b_4 \cdot Q_z + b_5 \cdot Q_z^2 + b_6 \cdot Q_z^3 \\ & + b_7 \cdot L + b_8 \cdot L^2 + b_9 \cdot L^3 \end{aligned} \quad (16)$$

在 (16) 式中,  $b_0$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、……、 $b_9$ , 为回归方程的系数, 经计算其系数值为:

$$ROU = 0.778531729451$$

$$B(0) = 16.0375105873$$

$$B(1) = 0.327080953832$$

$$B(2) = -6.27231570646E - 04$$

$$B(3) = 4.10810371093E - 07$$

$$B(4) = 1.40994156102E - 03$$

$$B(5) = 1.25691210942E - 04$$

$$B(6) = -1.05657004882E - 07$$

$$B(7) = 0.163439214812$$

$$B(8) = -9.27082848486E - 04$$

$$B(9) = 5.1746904004E - 07$$

由于我们的工作水平及资料有限, 且对本课题的计算又是初次探讨, 所以在整个工作过程和计算中难免有不到之处, 请各方面给以指正, 我们表示万分感谢。

另外, 在本课题的所有回归计算中, 都得到张正铀和刘连芳同志的帮助, 在此表示感谢。

邕江亭子中段梯级白蚁研究监测断面布点简图

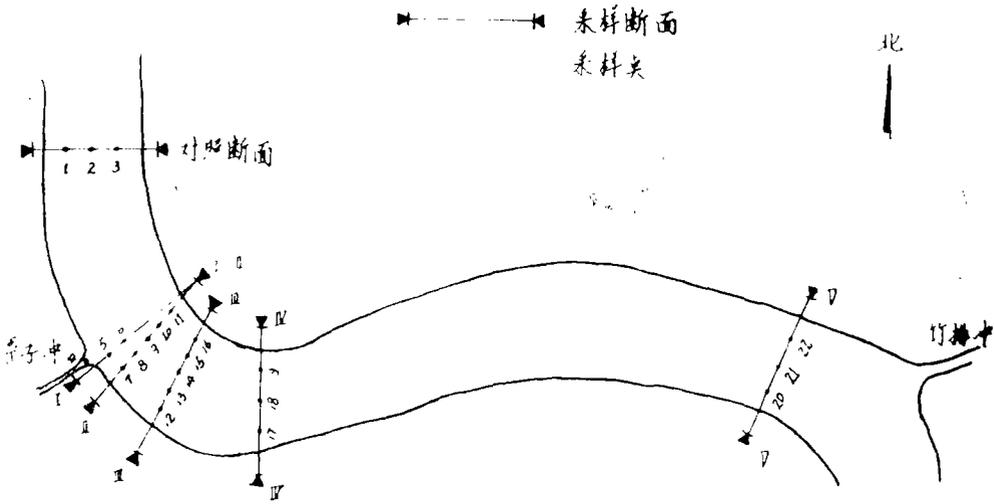


表 一

NO	$B_i$	$H_i$	$Q_i$	$Q_2$	$B_2$	$H_2$	$Q_3$	SUM	$U_i$	$B_3$
1	7	0.6	9.8	182.8	33.5	2.8	182.8	92.7	0.106	33.5
2	16	1.4	19.6	182.8	19.1	3.9	365.6	74	0.132	52.6
3	23	1.9	29.4	182.8	11.1	5.4	548.3	59.6	0.165	63.7
4	33	2.4	39.2	182.8	9.3	6	731.1	55.5	0.177	72.9
5	43	2.8	49	182.8	8.5	6.3	913.9	53.6	0.183	81.5
6	23.6	3.9	58.8	182.8	7.8	6.6	1096.7	51.8	0.189	89.3
7	12.5	4.9	68.6	182.8	7.8	6.6	1279.5	51.9	0.189	97.1
8	20.5	5.4	78.5	182.8	8	6.5	1462.2	52.4	0.187	105.2
9	19.4	6	88.3	182.8	8.2	6.5	1645	52.7	0.186	113.3
10	16.1	6.3	98.1	182.8	8.1	6.5	1827.8	52.5	0.187	121.4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31	53.2	5.8	304	182.8	10.8	5.8	5666.2	56.8	0.173	291.2
QZ ( 1 ) = 304				H ( 1 ) = 61.44						

表一说明:

$B_i$  为单宽宽度, 即  $B_{ijk}$ ;  $H$  为单宽平均水深, 即  $H_{ijk}$ ;  $Q_i$  为单宽累加流量, 即  $q_{ijk}$ ;  $Q_2$  为单宽平均虚流量, 即  $q_{ijk}$ ;  $B_2$  和  $H_2$  为调整后的单宽宽度和单宽平均水深, 即 (7) 式中的  $b_{ijk}$  和  $h_{ijk}$ ;  $Q_3$  为单宽平均虚流量的累加和; SUM 为单宽面积;  $v_i$  为单宽平均流速;  $B_3$  为调整后的单宽即  $B_2$  的累加和。

表 二

NO.	flbbc.bcl (M)	flqqc.qcl (M <sup>3</sup> )	flccp.cpl (ppf)	fill.qz (M <sup>3</sup> )	fil2.hd (M)	flbod.co (ppf)
1	72.7903	40.4161	25.4563	304	61.44	552.36
2	72.5873	39.6608	47.3201	299	61.35	762.92
3	58.9615	52.111	26.836	296	61.29	218.16
4	58.7915	51.207	52.4139	292	61.2	412.2
5	58.7745	51.1862	62.3842	292	61.19	651.6
6	59.0905	52.9697	141.4585	300	61.36	263.8
7	59.1848	53.6116	40.9836	303	61.41	320.5
8	59.2223	53.8326	44.6019	304	61.48	374
9	59.11	52.9924	50.6858	300	61.37	254.6
10	58.9798	52.1328	44.9173	296	61.3	380.1
11	58.9433	51.913	42.1209	295	61.28	184.3
12	59.0733	52.7723	25.3143	299	61.35	221.2
13	59.1655	53.4115	12.0272	302	61.4	136.9
14	59.2778	54.4302	42.5967	307	61.46	139.5
15	59.3363	59.6534	52.7296	322	61.52	300.2
16	59.3723	59.0722	14.5933	318	31.51	317
17	59.4103	62.7009	63.2678	338	61.56	470.2
18	59.483	57.5838	16.916	310	61.6	168.5
19	59.3363	51.1297	27.5695	276	61.52	749
20	59.352	50.3217	50.7194	271	61.5	214.2
21	59.241	48.5405	34.1075	262	61.44	391.3
22	59.1655	47.5402	25.0782	257	61.4	650.2
23	58.8305	45.185	52.7575	246	61.22	209
24	58.7745	44.9469	39.923	245	61.19	256.1
25	58.8498	45.2034	13.2095	246	61.23	166.6
26	58.8498	45.2034	42.7292	246	61.23	563.5
27	58.5508	43.9969	43.4939	241	61.07	265
28	58.493	43.9407	46.1708	241	61.04	169.4
29	0	0	0	242	61.05	14.88
30	59.149	61.9467	24.5315	335	61.39	44.05
31	63.8818	253.3103	94.3195	1300	63.04	170
32	62.7573	193.0596	35.6675	1000	62.46	207.5

**表二说明:**

(1) 该表所给出的数据, 是第一监测断面三十二天内的计算结果。其它几个监测断面的数据在本文中省略。

(2) 表中的内容从左至右为: 第二列为断面污染带宽度 $B_c$ ; 第三列为断面污染带流量 $C_p$ ; 第四列为断面污染带生化耗氧量BOD的平均浓度; 第五列为断面过水流量; 第六列为断面过水水位; 第七列为污染源即亭子冲排污口内, 生化耗氧量BOD的平均浓度。

**参 考 书**

- 1、《环境科学》, 1981年第5期, “霞湾港江段稀释自净能力的研究”一文。
- 2、《汉阳造纸厂污染带主要污染物在长江中稀释自净规律的初步探讨》一文, 该文出自长江水源保护研究所, 1980年12月的一份资料。