

# 珠江三角洲污染物对东四口门通量影响分析

逢 勇<sup>1</sup> 李毓湘<sup>2</sup>

( 1. 河海大学水文水资源及环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 香港理工大学 香港 )

**摘要** 利用珠江三角洲河网区水量数学模型, 根据 1968 年( 丰水年 )、1976 年( 平水年 )、1982 年( 枯水年 ) 的水文资料, 计算了各典型年落潮时珠江三角洲河网区各节点的分流比, 采用 1995 年珠江三角洲各主要河道纳污量资料, 综合考虑落潮条件下的污染物迁移过程, 估算了污染物在河道中的降解量, 根据各节点( 汉点 ) 的分流比及污染物降解量, 分析计算了珠江三角洲河网区各主要河道污染物对伶仃洋东四口门污染通量的影响。

**关键词** 珠江三角洲; 河网区; 节点分流比; 东四口门; 污染物通量

**中图分类号** :X52      **文献标识码** :A      **文章编号** :1000-1980( 2001 )04-0050-06

珠江三角洲河网区受潮汐影响显著, 潮水和径流之间的相互关系年内变化复杂, 海区潮流多为往复流; 东四口门中, 虎门是以潮汐作用为主的口门, 径流弱、潮流强; 横门、焦门、洪奇门则是以河流作用为主的口门, 径流强、潮流弱, 潮汐属不规则半日混合潮类型。

珠江三角洲是广东省废污水及污染物的主要排放区域, 废污水排放量约占广东省的 75%。珠江三角洲主要纳污河段集中在以西江马口、北江三水、东江石龙、流溪河鸦岗、增江河口为上边界, 虎门、焦门等出口为下边界的河网区。河网区内废污水排放量约占珠江三角洲的 75.5%, COD 排放量约占 68.1%, BOD 排放量约占 69.0%, 氨氮排放量约占 67.8%。珠江三角洲主要纳污河道有前航道、后航道、西航道、东江干流、佛山水道、东平水道、容桂水道等。珠江三角洲主要河道污染物对虎门、焦门等口门水环境产生直接的影响, 研究各主要河道污染物对入海口门污染通量的影响程度, 将对珠江三角洲和伶仃洋的水环境综合保护工作起到积极作用, 本文对此进行了研究计算。

## 1 珠江三角洲河网区水量模型及各节点分流比计算

### 1.1 河网区水量基本方程

描述河道一维非恒定水流的基本方程为圣维南方程组:

$$\frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} = q_L \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{U|U|}{C^2 R} = 0 \quad (2)$$

式中:  $Q$ ——流量;  $B$ ——过流河宽;  $H$ ——水位;  $q_L$ ——旁侧入流;  $U$ ——流速;  $C$ ——谢才系数;  $R$ ——水力半径;  $g$ ——重力加速度;  $x, t$ ——空间和时间坐标。

方程组属于二元一阶双曲型拟线性偏微分方程组, 用四点隐式差分格式进行线性离散。

### 1.2 节点( 汉口 ) 连接条件及边界条件

#### 1.2.1 节点( 汉口 ) 连接条件

水网节点应满足两个衔接条件:

a. 流量连接条件 进出每一节点的流量必须与该节点内的实际水量的增减率相平衡, 即

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \frac{dw}{dt}$$

(3)

式中： $i$ ——汇集于同一节点各河道断面的编号； $w$ ——节点蓄量，如将节点概化为无蓄量的几何点，则  $w=0$ ，因此

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

(4)

b. 动力连接条件：若节点处有  $K$  个分支，则动力连接条件为

$$Z_K = Z_{K+1} \quad K = 1, 2, 3, \dots, K-1$$

(5)

1.2.2 边界条件

有两种边界条件，即水位边界条件和流量边界条件。鸦岗、天河以及舢板州、万顷沙西、虎门、焦门、洪奇门、横门边界为水位边界，博罗、麒麟嘴、三水、马口等其余边界为流量边界。其方程分别为：

水位边界

$$Z_i = Z(t)$$

(6)

流量边界

$$Q_i = Q(t)$$

(7)

计算中，空间步长为 0.2 km 至 9 km 不等，时间计算步长为 1 min。

1.3 数值求解<sup>[1]</sup>

根据以上方程，采用三级联解（即将河网计算分为微段、河段以及汉点三级进行运算）的方法进行数值计算，节点方程中的求解变量为首末断面的流量值。

1.4 计算区域及计算结果

1.4.1 计算范围

上游边界为东江的博罗水文站、增江的麒麟嘴水文站、流溪河的老鸦岗水位站、北江的三水水文站、西江的马口水文站、西江的天河水位站；下游边界为在珠江东四口门上布设的水位站，分别为舢板州、南沙、万顷沙西和横门站。计算区域面积约 2 000 km<sup>2</sup>。河网计算中共有 575 个计算断面，180 条河道，110 个汉点和 16 个外边界，计算区域见图 1。

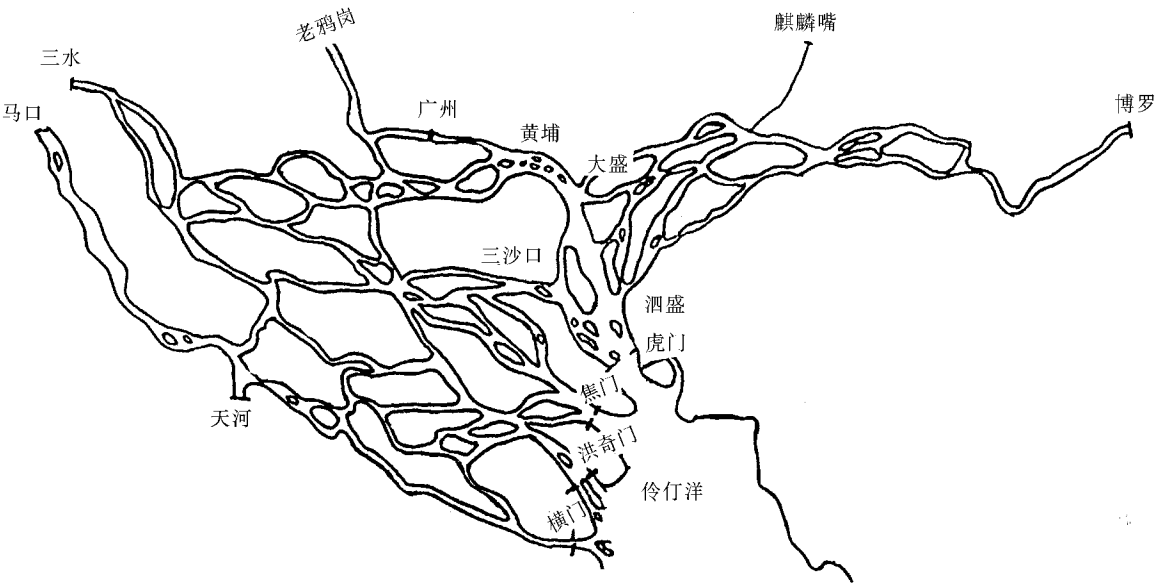


图 1 计算区域示意图  
Fig.1 Sketch of the calculated area

1.4.2 计算结果

图 2 为 1978 年 7 月 6 日 3:00 至 7 月 7 日 1:00（平水年）虎门测站的流量计算值和实测值，从图 2 可见：计算值和实测值基本吻合，最大位相误差约 20 min，经位相调整后的流量最大相对误差约 10%。另外从图 2 还可看出落潮历时大于涨潮历时。表 1 为落潮时珠江三角洲河网区各主要汉点的分流比计算结果。

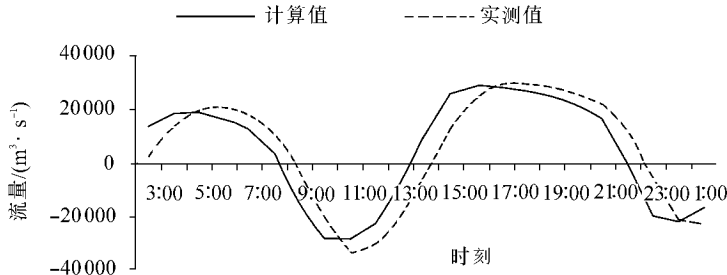


图 2 虎门测站流量计算值与实测值对比

Fig.2 Comparison between observed and calculated flow at Humen

表 1 珠江三角洲河网区落潮时主要汉点的分流比计算结果

Table 1 Calculated distribution ratios for the main branches on Pearl River Delta for falling tide period

| 主要汉点河段    | 丰水期分流比      | 平水期分流比      | 枯水期分流比      |
|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 东平水道:顺德水道 | 0.296:0.704 | 0.260:0.740 | 0.090:0.910 |
| 潭洲水道:东平水道 | 0.348:0.652 | 0.193:0.807 | 0.000:1.000 |
| 榄核河:容桂水道  | 0.860:0.140 | 1.000:0.000 | 1.000:0.000 |
| 沙湾水道:榄核河  | 0.595:0.405 | 0.613:0.387 | 0.625:0.375 |
| 沙湾水道:西樵水道 | 0.834:0.166 | 0.919:0.081 | 0.938:0.062 |
| 甘竹溪:顺德水道  | 0.155:0.845 | 0.000:1.000 | 0.000:1.000 |
| 洪奇门水道:横沥  | 0.670:0.330 | 0.720:0.280 | 0.690:0.310 |

2 珠江三角洲各主要河道污染物流达东四口门值计算

表 2 为广东省环保局调查得到的 1995 年珠江三角洲主要河道纳污量统计结果.从表 2 可见:珠江三角洲主要纳污河道为前航道、后航道、西航道,以及东江北干流、佛山水道、东平水道、容桂水道等.这些纳污河道中的污染物有多少到达口门主要取决于两个因素 ( a )污染物从河道输移到口门过程中降解掉的量 ( b )污染物在河网节点中分流掉的量.

表 2 1995 年珠江三角洲主要河道纳污量统计结果

Table 2 Observed results of pollutants entering the main rivers on Pearl River Delta in 1995

| 序号 | 河段   | 市段       | COD   | BOD  | NH <sub>3</sub> -N | 序号 | 河段    | 市段    | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N |
|----|------|----------|-------|------|--------------------|----|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| 1  | 顺德水道 | 南海、顺德    | 8661  | 4260 | 969                | 14 | 骊岗水道  | 番禺    | 783   | 391   | 91                 |
| 2  | 东平水道 | 三水、南海、佛山 | 19242 | 8950 | 2036               | 15 | 顺德支流  | 顺德    | 4428  | 1667  | 420                |
| 3  | 容桂水道 | 顺德       | 11881 | 5673 | 1231               | 16 | 西航道   | 广州、南海 | 46989 | 26613 | 4641               |
| 4  | 小榄水道 | 中山       | 11571 | 5771 | 1338               | 17 | 前航道   | 广州    | 65089 | 35783 | 7404               |
| 5  | 鸡鸭水道 | 中山       | 8366  | 3161 | 350                | 18 | 黄埔航道  | 广州    | 7664  | 3031  | 1200               |
| 6  | 桂洲水道 | 顺德       | 622   | 311  | 72                 | 19 | 后航道   | 广州、番禺 | 48459 | 17861 | 1666               |
| 7  | 榄核河  | 番禺       | 2446  | 1223 | 285                | 20 | 狮子洋   | 番禺    | 2490  | 964   | 130                |
| 8  | 沙湾水道 | 番禺       | 2473  | 1135 | 230                | 21 | 沥窑水道  | 番禺    | 1235  | 479   | 102                |
| 9  | 市桥水道 | 番禺       | 7763  | 3881 | 906                | 22 | 博罗—石龙 | 博罗、东莞 | 9982  | 4668  | 1160               |
| 10 | 焦门水道 | 番禺       | 6971  | 2759 | 129                | 23 | 东江北干流 | 增城、东莞 | 15102 | 6180  | 1013               |
| 11 | 佛山水道 | 佛山、南海    | 16682 | 7609 | 1750               | 24 | 东莞水道  | 东莞    | 4576  | 1608  | 175                |
| 12 | 陈村水道 | 顺德       | 1882  | 941  | 220                | 25 | 倒运海水道 | 东莞    | 6027  | 2867  | 590                |
| 13 | 潭洲水道 | 顺德、南海    | 664   | 328  | 75                 |    |       |       |       |       |                    |

2.1 污染物降解量计算

根据珠江三角洲各河道距口门的平均距离以及污染物在河道中的迁移速度,可以估算出污染物输移至各口门的时间  $t$ . 污染物在珠江三角洲河道中的迁移速度一般为  $8 \sim 40 \text{ km/d}$ ;潮汐回荡距离一般为  $5 \sim 7 \text{ km}$ ;

珠江三角洲东四口门的平均涨落潮历时约为 5~7 h,涨落潮历时差平均为 2 h 左右,落潮历时大于涨潮历时,见表 3<sup>[2]</sup>。

据表 3 及污染物在河道中的迁移速度可以估算出污染物输移至口门的时间  $t$ ,计算中,丰、平、枯期污染物在河道中的迁移速度取平均值。另外,据水质浓度计算公式:

$$C = C_0e^{-kt} \tag{8}$$

可得污染物降解后剩余量  $W$  的计算公式为

$$W = W_0e^{-kt} \tag{9}$$

式中: $W_0$ ——河道纳污量; $k$ ——污染物降解系数。

通过珠江三角洲河网区的研究工作,证明降解公式(8)(9)对该地区的适用性较好<sup>①</sup>,计算中  $k$  值可参考有关文献确定<sup>②</sup>。

2.2 污染物流达东四口门值计算

根据计算得到的珠江三角洲河网区各节点分流比,采用以下公式计算河道中污染物经分流后到达口门上的值  $W'$ :

$$W' = W \prod_{i=1}^n \alpha_i \tag{10}$$

式中: $\alpha$ ——河道中污染物流经河网各节点的分流比; $n$ ——河道中污染物流经河网节点的个数。综合考虑河道降解及分流作用后,得河道中污染物流达东四口门的计算公式为

$$W' = W_0e^{-kt} \prod_{i=1}^n \alpha_i$$

$W'$  的计算结果见表 4~6。

表 4 丰水期珠江三角洲主要河道污染物流达东四口门值计算结果

| Table 4 Calculated results of pollutants to four east outlets from the main rivers on Pearl River Delta for flood period t/a |            |       |       |                    |       |       |                    |       |       |                    |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| 序号                                                                                                                           | 河段         | 虎 门   |       |                    | 焦 门   |       |                    | 洪奇门   |       |                    | 横 门   |       |
|                                                                                                                              |            | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   |
| 1                                                                                                                            | 顺德水道       | 117.2 | 57.6  | 13.1               | 1186  | 583.1 | 132.6              | 525.3 | 258.4 | 58.8               | 0     | 0     |
| 2                                                                                                                            | 东平水道       | 1322  | 614.7 | 139.8              | 818.3 | 380.6 | 86.6               | 382.1 | 177.7 | 404                | 0     | 0     |
| 3                                                                                                                            | 容桂水道       | 0     | 0     | 0                  | 1172  | 559.8 | 121.5              | 577.4 | 275.7 | 59.8               | 1750  | 835.6 |
| 4                                                                                                                            | 小榄水道       | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 6639  | 3311  |
| 5                                                                                                                            | 鸡鸭水道       | 0     | 0     | 0                  | 1608  | 607.6 | 67.3               | 792   | 299.2 | 33.1               | 2400  | 906.8 |
| 6                                                                                                                            | 桂洲水道       | 0     | 0     | 0                  | 181.1 | 90.6  | 21                 | 89.2  | 44.6  | 10.3               | 0     | 0     |
| 7                                                                                                                            | 榄核河        | 0     | 0     | 0                  | 1063  | 531.5 | 123.9              | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     |
| 8                                                                                                                            | 沙湾市桥       | 1550  | 759.6 | 172                | 1550  | 759.6 | 172                | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     |
| 9                                                                                                                            | 焦门水道       | 0     | 0     | 0                  | 4000  | 1583  | 74                 | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     |
| 10                                                                                                                           | 佛山水道       | 2112  | 963.4 | 221.6              | 285.5 | 130.2 | 30                 | 125.3 | 57.2  | 13.1               | 0     | 0     |
| 11                                                                                                                           | 陈村水道       | 34.5  | 17.2  | 4                  | 320.8 | 160.4 | 37.5               | 140.8 | 70.4  | 16.5               | 0     | 0     |
| 12                                                                                                                           | 潭洲水道       | 12.2  | 6     | 1.4                | 113.2 | 55.9  | 12.8               | 49.7  | 24.5  | 5.6                | 0     | 0     |
| 13                                                                                                                           | 骚岗水道       | 0     | 0     | 0                  | 380.3 | 189.9 | 44.2               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     |
| 14                                                                                                                           | 顺德支流       | 0     | 0     | 0                  | 1289  | 485.4 | 122.3              | 635.1 | 239.1 | 60.2               | 0     | 0     |
| 15                                                                                                                           | 广州、<br>东莞等 | 51769 | 24949 | 4509               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     |
| 合计                                                                                                                           |            | 56917 | 27367 | 5060               | 13967 | 6118  | 1046               | 3317  | 1447  | 661.4              | 10789 | 5054  |

① 中国环境科学院.珠江三角洲河口典型区域水环境容量开发利用研究.国家“七五”科技攻关项目,1990,11.  
② 广东省环保局.珠江三角洲水污染控制及水质管理对策分析,1997.

表 5 平水期珠江三角洲主要河道污染物流达东四口门值计算结果

| Table 5 Calculate results of pollutants to four east outlets from the main rivers on Pearl River Delta for mean period t/a |            |       |       |                    |       |       |                    |       |       |                    |       |       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|
| 序号                                                                                                                         | 河段         | 虎 门   |       |                    | 焦 门   |       |                    | 洪奇门   |       |                    | 横 门   |       |                    |
|                                                                                                                            |            | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N |
| 1                                                                                                                          | 顺德水道       | 515.5 | 253.3 | 57.7               | 398.6 | 196   | 44.6               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 2                                                                                                                          | 东平水道       | 1717  | 798.4 | 181.6              | 1503  | 699.1 | 159                | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 3                                                                                                                          | 容桂水道       | 0     | 0     | 0                  | 1260  | 601.6 | 130.5              | 490   | 234   | 50.8               | 1750  | 835.6 | 181.3              |
| 4                                                                                                                          | 小榄水道       | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 6639  | 3311  | 767.7              |
| 5                                                                                                                          | 鸡鸭水道       | 0     | 0     | 0                  | 1728  | 652.9 | 72.3               | 672   | 253.9 | 28.1               | 2400  | 906.8 | 100.4              |
| 6                                                                                                                          | 桂洲水道       | 0     | 0     | 0                  | 194.6 | 97.3  | 22.5               | 75.7  | 37.8  | 8.8                | 0     | 0     | 0                  |
| 7                                                                                                                          | 榄核河        | 0     | 0     | 0                  | 1063  | 531.5 | 123.9              | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 8                                                                                                                          | 沙湾市桥       | 1550  | 759.6 | 172                | 1550  | 759.6 | 172                | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 9                                                                                                                          | 焦门水道       | 0     | 0     | 0                  | 4000  | 1583  | 74                 | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 10                                                                                                                         | 佛山水道       | 2417  | 1102  | 253.5              | 106.2 | 48.4  | 11.1               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 11                                                                                                                         | 陈村水道       | 192   | 96    | 22.4               | 304.1 | 152.1 | 35.5               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 12                                                                                                                         | 潭洲水道       | 98.7  | 48.8  | 11.1               | 76.3  | 37.7  | 8.6                | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 13                                                                                                                         | 骊岗水道       | 0     | 0     | 0                  | 380.3 | 189.9 | 44.2               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 14                                                                                                                         | 顺德支流       | 0     | 0     | 0                  | 1386  | 521.6 | 131.4              | 538.8 | 202.9 | 51.1               | 0     | 0     | 0                  |
| 15                                                                                                                         | 广州、<br>东莞等 | 51769 | 24949 | 4509               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 合计                                                                                                                         |            | 58259 | 28007 | 5207               | 13949 | 6071  | 1030               | 1777  | 728.6 | 138.8              | 10789 | 5054  | 1049               |

表 6 枯水期珠江三角洲主要河道污染物流达东四口门值计算结果

| Table 6 Calculated results of pollutants to four east outlets from the main rivers on Pearl River Delta for dry period t/a |            |       |       |                    |       |       |                    |       |       |                    |       |       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|
| 序号                                                                                                                         | 河段         | 虎 门   |       |                    | 焦 门   |       |                    | 洪奇门   |       |                    | 横 门   |       |                    |
|                                                                                                                            |            | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N | COD   | BOD   | NH <sub>3</sub> -N |
| 1                                                                                                                          | 顺德水道       | 515.5 | 253.5 | 57.7               | 398.6 | 196   | 44.6               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 2                                                                                                                          | 东平水道       | 2849  | 1325  | 301.5              | 402.9 | 187.4 | 42.6               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 3                                                                                                                          | 容桂水道       | 0     | 0     | 0                  | 1260  | 601.6 | 130.5              | 490   | 234   | 50.8               | 1750  | 835.6 | 181.3              |
| 4                                                                                                                          | 小榄水道       | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 6639  | 3311  | 767.7              |
| 5                                                                                                                          | 鸡鸭水道       | 0     | 0     | 0                  | 1728  | 652.9 | 72.3               | 672   | 253.9 | 28.1               | 2400  | 906.8 | 100.4              |
| 6                                                                                                                          | 桂洲水道       | 0     | 0     | 0                  | 194.6 | 97.3  | 22.5               | 75.7  | 37.8  | 8.8                | 0     | 0     | 0                  |
| 7                                                                                                                          | 榄核河        | 0     | 0     | 0                  | 1063  | 531.5 | 123.9              | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 8                                                                                                                          | 沙湾市桥       | 1550  | 59.6  | 172                | 1550  | 759.6 | 172                | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 9                                                                                                                          | 焦门水道       | 0     | 0     | 0                  | 4000  | 1583  | 74                 | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 10                                                                                                                         | 佛山水道       | 2003  | 913.4 | 210.1              | 520.4 | 237.3 | 54.6               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 11                                                                                                                         | 陈村水道       | 291.5 | 145.7 | 34.1               | 204.6 | 102.3 | 23.9               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     |                    |
| 12                                                                                                                         | 潭洲水道       | 98.7  | 48.8  | 11.1               | 76.3  | 37.7  | 8.6                | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 13                                                                                                                         | 骊岗水道       | 0     | 0     | 0                  | 380.3 | 189.9 | 44.2               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 14                                                                                                                         | 顺德支流       | 0     | 0     | 0                  | 1386  | 521.6 | 131.4              | 538.8 | 202.9 | 51.1               | 0     | 0     | 0                  |
| 15                                                                                                                         | 广州、<br>东莞等 | 51769 | 24949 | 4509               | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  | 0     | 0     | 0                  |
| 合计                                                                                                                         |            | 59077 | 28395 | 5295               | 13164 | 5698  | 945.1              | 1777  | 728.6 | 138.8              | 10789 | 5054  | 1049               |

3 计算结果分析

图 3~5 为计算得到的虎门、焦门、洪奇门和横门 COD 及 BOD、氨氮在丰、平、枯水期的通量值。

从河网中水的流向来看:广州、东莞市段河道(前航道、后航道、西航道、黄埔航道、沥窑水道、东江北干流、东莞水道、倒运海水道等)的污染物主要流向虎门;中山市段河道(鸡鸭水道、小榄水道等)的污染物主要流向横门;番禺、顺德、南海、佛山市段河道(顺德水道、东平水道、容桂水道、沙湾水道、市桥水道、佛山水道等)的污染物主要流向焦门、虎门和洪奇门。这些河道污染物对口门污染物通量的综合影响结果是(a)虎门的污染物通量值最大,广州、东莞等地的大量污染物主要通过虎门输送到伶仃

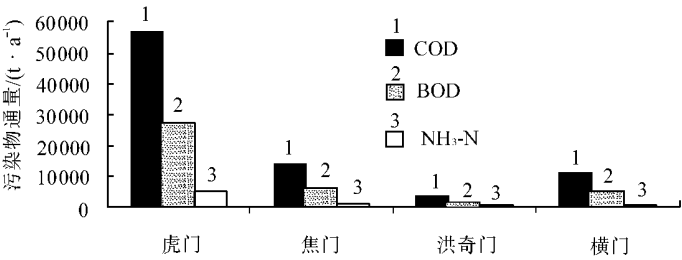


图 3 丰水期各口门污染物通量值

Fig.3 Calculated pollutant flux at each outlet for flood period

的污染物主要流向虎门,番禺、顺德、南海、佛山市段河道(顺德水道、东平水道、容桂水道、沙湾水道、市桥水道、佛山水道等)的污染物主要流向焦门、虎门和洪奇门。这些河道污染物对口门污染物通量的综合影响结果是(a)虎门的污染物通量值最大,广州、东莞等地的大量污染物主要通过虎门输送到伶仃

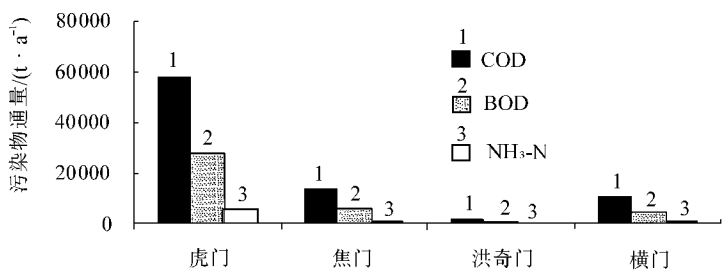


图 4 平水期各口门污染物通量值

Fig.4 Calculated pollutant flux at each outlet for mean period

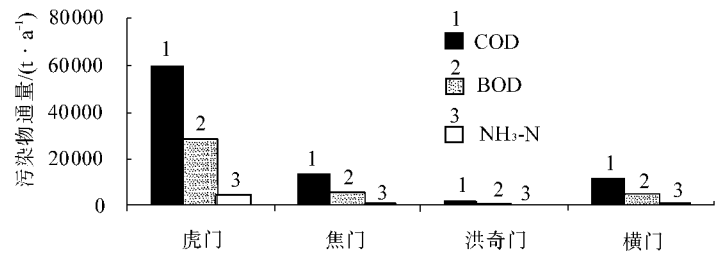


图 5 枯水期各口门污染物通量值

Fig.5 Calculated pollutant flux at each outlet for dry period

洋 ( b )焦门的污染物通量值次于虎门 ,主要输送了南海、番禺、顺德、佛山地区的大量污染物 ( c )横门主要输送了中山市的大量污染物 ( d )污染物通量值最小的口门为洪奇门 ,主要输送南海、番禺、顺德、佛山地区的污染物。

4 结 论

珠江三角洲主要纳污河段为前航道、后航道、西航道、东江北干流、东莞水道、佛山水道、东平水道、容桂水道等。这些纳污河道对东四口门污染物通量的影响结果是 :前航道、后航道、西航道、东江北干流、东莞水道的污染物主要流向虎门 ;鸡鸭水道、小榄水道等的污染物主要流向横门 ;顺德水道、东平水道、容桂水道、沙湾水道、市桥水道、佛山水道等的污染物主要流向焦门、虎门和洪奇门。这些纳污河道对各口门污染物通量的综合影响结果是 :虎门的污染物通量值最大 ,其次为焦门 ,再其次为横门 ,最后是洪奇门。

参考文献 :

[ 1 ] 张二俊 ,张东升 ,李挺 .河网非恒定流的三级联合解法 [ J ].华东水利学院学报 ,1982 ,10( 1 ) :1 ~ 13.  
[ 2 ] 宋定昌 ,阮孤松 .珠江八大口门潮汐潮量的初步分析 [ A ].见 :广东省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室编 .珠江口海岸带和海涂资源综合调查文集 [ C ].广州 :广东科技出版社 ,1986.62 ~ 71.

Effects of Discharged Pollutants from Pearl River Delta on East Outlets

PANG Yong<sup>1</sup> ,LI Y S<sup>2</sup>

( 1. College of Water Resources and Environment ,Hohai Univ . ,Nanjing 210098 ,China ;  
2. Hong Kong Polytechnic University ,Hong Kong ,China )

**Abstract** :An hydrodynamic model for river networks of the Pearl River Delta is used to calculate the flow distribution ratio of channels around the junction of the Pearl River Delta during ebb tide. Based on the discharged pollutants and hydrodynamic data( including flood ,mean ,and dry periods ) ,the effects of the discharged pollutants from the Pearl River Delta on East Outlets are calculated and analyzed ,and the pollutant decay effects along the river are also considered.

**Key words** :river network ;Pearl River Delta ;flow distribution ratio of junctions ;East Outlets ;pollutant flux