

## 渤海湾海河口区耗氧有机物的分布特征\*

古堂秀 戴敏英 徐贤义 周陈年

(中国科学院海洋研究所)

渤海湾海河口区是北京、天津二大城市工业及生活污水排入海处,是一比较典型的海域。1972 年以来曾对渤海湾进行过综合性的环境污染调查和研究<sup>1)</sup>,但由于受调查范围和项目的限制,对河口区特别是大沽口、北塘口区有机污染物的迁移转化研究甚少,尚不足以就有机污染对河口生态环境的潜在影响作出科学判断。目前,有机污染已成为海河口区特别是其附近大城市的主要污染问题之一。本文以化学耗氧量 (COD)、生物耗

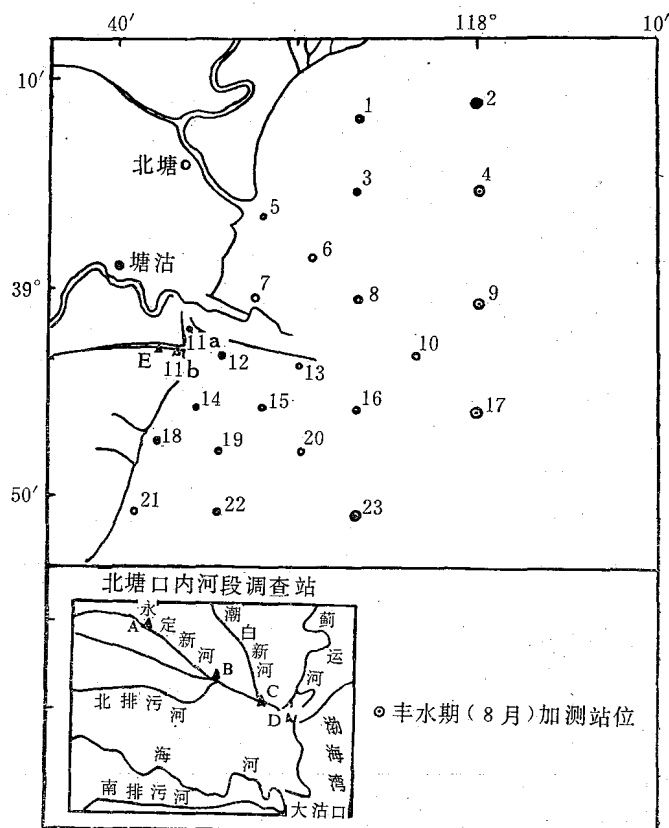


图 1 调查站位图

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1399 号。

收稿日期: 1986 年 8 月 12 日。

1) 中国科学院海洋研究所, 1982。渤海湾环境质量评价及其自净能力的研究。

氧量 ( $BOD_5$ )、溶解氧 (DO) 等项目作为耗氧有机物污染程度评价的主要指标(还有氮、磷、本集另有专文讨论), 对海河口区有机污染物的迁移、转化及生态效应进行了调查研究, 为有机污染评价提供数据并作初步探讨。

## 一、调查分析方法

1984 年 5 月、8 月、10 月对渤海湾海河口区近岸海域 (东经  $118^\circ$  以西, 北纬  $38^\circ 50'$  以北) 和受潮汐影响的河段的 29 个站位 (见图 1) 进行了三次现场调查。调查项目及其分析方法: COD——碱性高锰酸钾法;  $BOD_5$ ——常规分析方法; DO——碘量法。水样分析均在采样后 24 h 内进行分析。

## 二、结果与讨论

### 1. 海河口区耗氧性有机物含量水平与分布

对海河口区三个不同区段水质调查测定结果列于表 1, 2, 3。

表 1 大沽排污口区水质有机污染物含量 (mg/L)

| 项目      | 5 月       |      | 8 月        |      | 10 月       |       | 全 年        |      |
|---------|-----------|------|------------|------|------------|-------|------------|------|
|         | 含量范围      | 平均   | 含量范围       | 平均   | 含量范围       | 平均    | 含量范围       | 平均   |
| COD     | 10.1—47.7 | 28.9 | 10.9—21.6  | 17.8 | 45.2—238.0 | 130.4 | 10.1—238.0 | 59.0 |
| $BOD_5$ |           |      | 17.1—163.2 | 64.3 | 28.0—132.8 | 63.2  | 17.1—163.2 | 63.8 |
| DO      | 0.2—2.6   | 1.4  | 0—2.6      | 0.87 | 1.38—4.48  | 2.4   | 0—4.48     | 1.58 |

表 2 永定新河河口段水质有机污染物含量 (mg/L)

| 项目      | 5 月       |      | 8 月       |      | 10 月      |      | 全 年      |      |
|---------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|----------|------|
|         | 含量范围      | 平均   | 含量范围      | 平均   | 含量范围      | 平均   | 含量范围     | 平均   |
| COD     | 10.2—19.5 |      | 7.6—20.0  | 13.4 | 16.0—33.2 | 24.6 | 7.6—33.2 | 17.3 |
| $BOD_5$ |           | 14.0 | 49.0—51.8 | 21.5 | 15.0—19.2 | 8.5  | 1.5—51.8 | 15.0 |
| DO      | 1.41—8.43 | 4.26 | 0—1.66    | 0.33 | 0—5.52    | 2.2  | 0—8.43   | 2.1  |

表 3 河口近岸海域水质有机污染物含量 (mg/L)

| 项目      | 5 月       |      | 8 月       |      | 10 月     |      | 全 年       |      |
|---------|-----------|------|-----------|------|----------|------|-----------|------|
|         | 含量范围      | 平均   | 含量范围      | 平均   | 含量范围     | 平均   | 含量范围      | 平均   |
| COD     | 1.0—2.9   | 1.69 | 1.1—5.7   | 2.57 | 1.3—14.1 | 2.49 | 1.0—14.1  | 2.3  |
| $BOD_5$ | 0.2—1.3   | 0.78 | 0.1—1.7   | 0.75 | 0.1—2.9  | 0.49 | 0.1—2.9   | 0.7  |
| DO      | 7.22—8.65 | 7.83 | 4.97—7.57 | 6.31 | 3.2—7.8  | 7.34 | 4.97—8.65 | 7.08 |

入海河流携带的有机污染物由河口入海后, 由于海水的稀释扩散以及生物降解等作

用,其浓度会有骤然的消减。实测结果表明,永定新河河口段和大沽排污口区的溶解氧明显低于河口近岸海域,而前者的 COD, BOD<sub>5</sub> 含量则一般均高于后者。两个河口区、段含量水平相比较,大沽排污口区 COD、BOD<sub>5</sub> 含量明显高于永定新河河口段。河口内与河

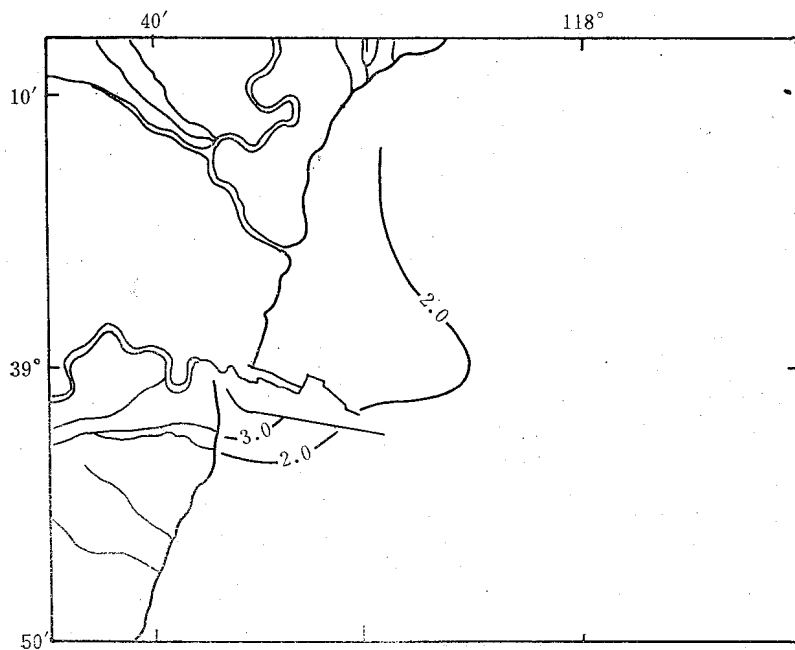


图2 海河口区1984年5月海水中COD分布图(mg/L)

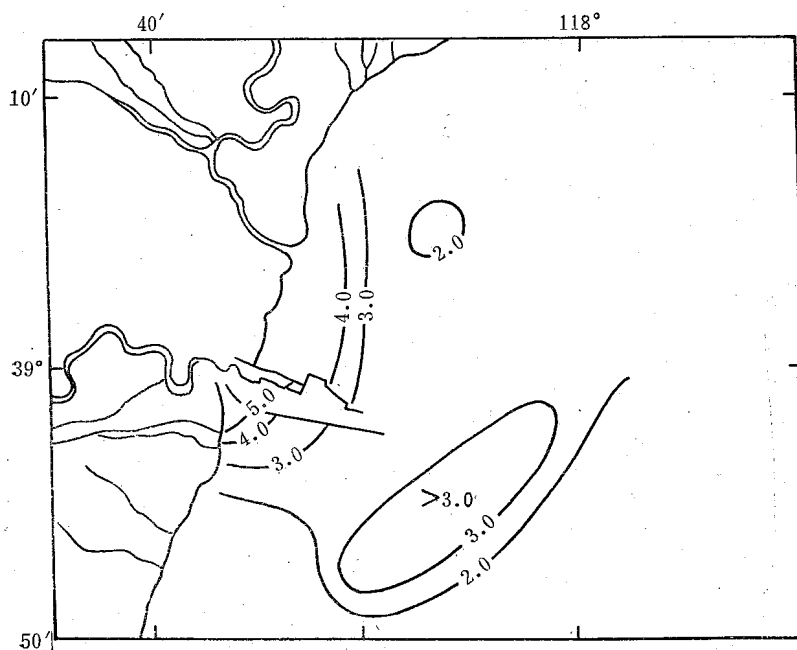


图3 海河口区1984年8月海水中COD分布图(mg/L)

口外的含量对比见表 4, 在所有调查的项目中降解最快的是  $BOD_5$ , 其次是 COD, 其比值的大小表明了污染物迁移转化和水体自净能力方面的不同特点。 $BOD_5$  比 COD 消减得快与生物净化特性的不同有关。

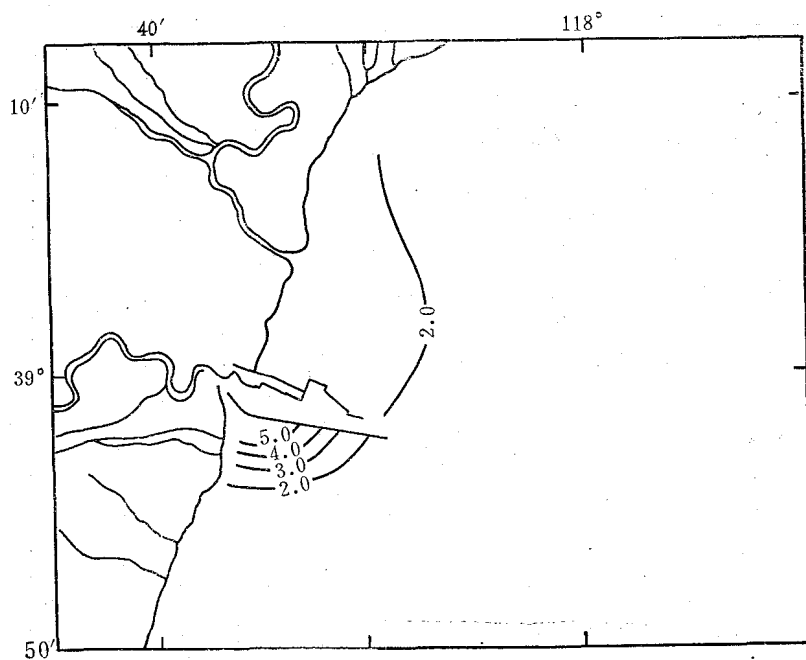


图 4 海河口区 1984 年 10 月海水中 COD 分布图 (mg/L)

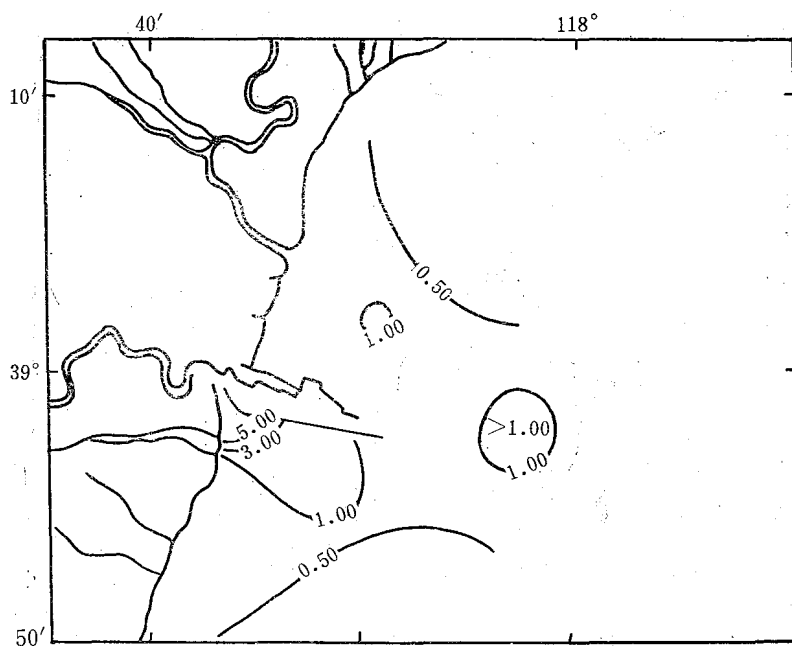
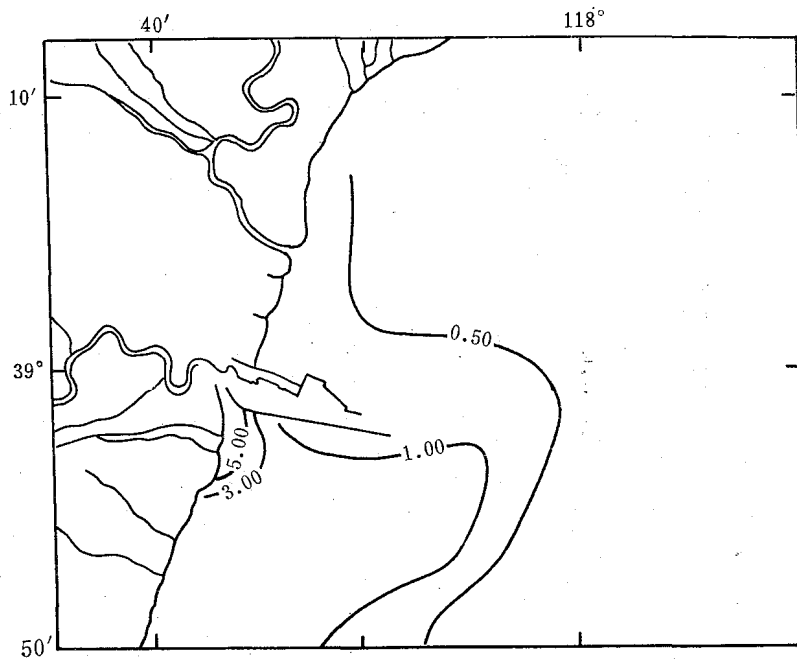
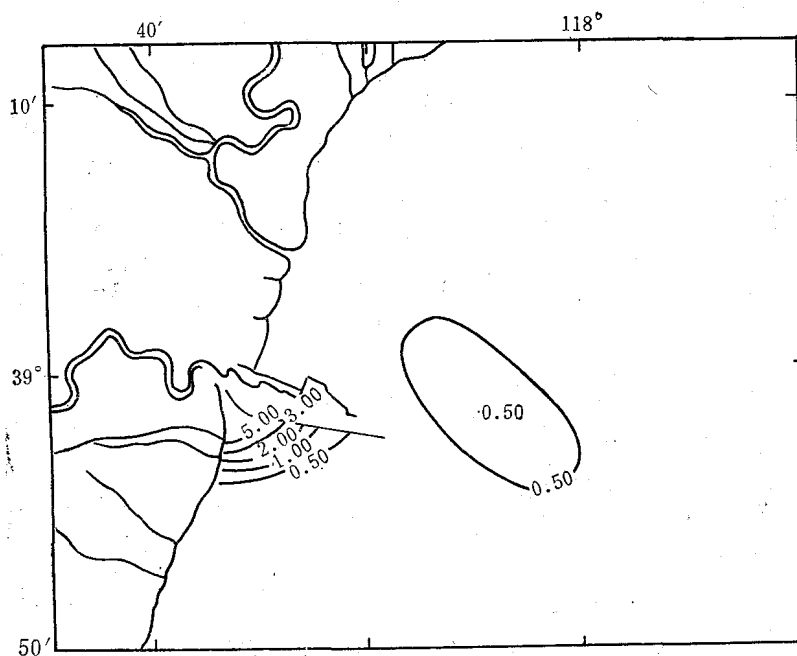


图 5 海河口区 1984 年 5 月海水中  $BOD_5$  分布图 (mg/L)

表 4 河口内、外有机污染物浓度比

| 项 目     | TN  | TIN | TON | TP  | TIP | COD  | BOD <sub>5</sub> |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------------------|
| 河口内/河口外 | 4.2 | 2.8 | 4.6 | 9.3 | 5.6 | 14.6 | 56.3             |

注：TN, TIN, TON 见本集古堂秀等另文；TP, TIP 见本集戴敏英等文。

图 6 海河口区 1984 年 8 月海水中 BOD<sub>5</sub> 分布图 (mg/L)图 7 海河口区 1984 年 10 月海水中 BOD<sub>5</sub> 分布图 (mg/L)

从 COD, BOD<sub>5</sub> 等值线图的分布形式可以看出, COD 是自两个排污河口向外形成规则的、含量递减的环带状分布(图 2, 3, 4);只是由于北塘河口水体中 COD 的浓度比大沽河口低得多,因此在 5 月, 10 月没有出现明显的高含量区; 8 月份由于南排污河的污水向外扩展和大沽口防潮闸开闸放水, 在 10, 16, 20 号站位有一含量  $> 3\text{mg/L}$  的高含量

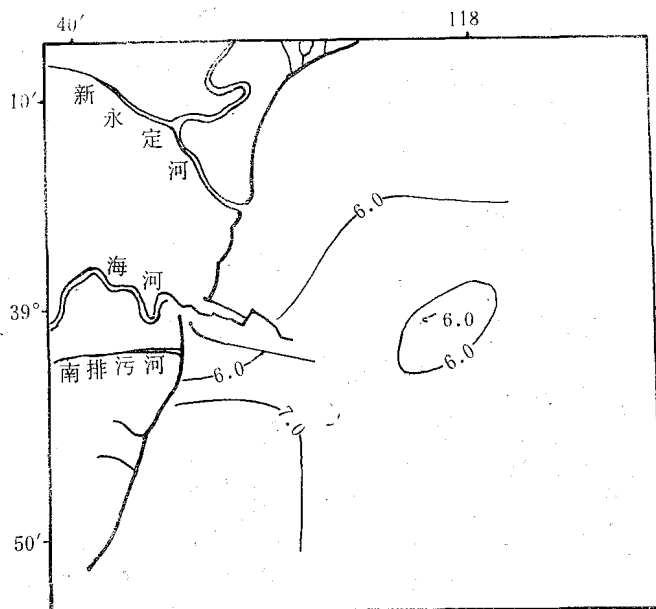


图 8 海河口区 1984 年 8 月海水中 DO 分布图 (mg/L)

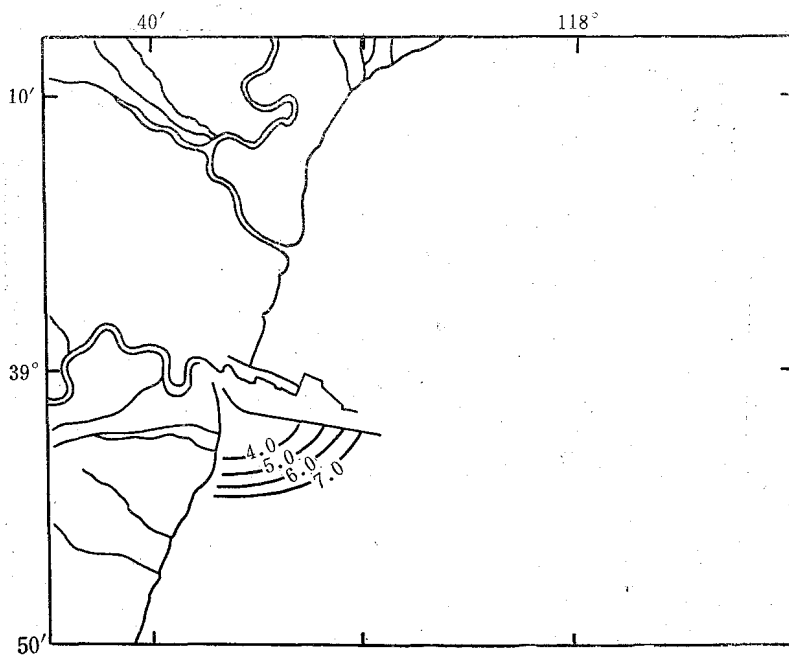


图 9 海河口区 1984 年 10 月海水中 DO 分布图 (mg/L)

区。BOD<sub>5</sub> 在永定新河河口外海域分布的变化幅度很小，而在大沽排污河口向外明显地迅速递减(图 5, 6, 7)。DO 则形成近岸含量低，向外含量递增的带状分布；在大沽口南排污口处 8 月的 DO 含量低于 2.6mg/L (图 8, 9)。

表 5 海河口区水体中 COD 的周日变化

| 站 位 | 层 次 | COD (mg/L) |      |
|-----|-----|------------|------|
|     |     | 范 围        | 平 均  |
| 17  | 表   | 1.16—2.42  | 1.59 |
|     | 底   | 1.04—1.40  | 1.17 |
| 8   | 表   | 1.16—1.92  | 1.60 |
|     | 底   | 1.36—1.84  | 1.47 |
| 20  | 表   | 1.24—1.92  | 1.58 |
|     | 底   | 1.48—2.00  | 1.79 |
| B   | 表   | 9.87—15.73 | 12.7 |
|     | 底   |            |      |
| D   | 表   | 8.40—10.13 | 9.3  |
|     | 底   |            |      |

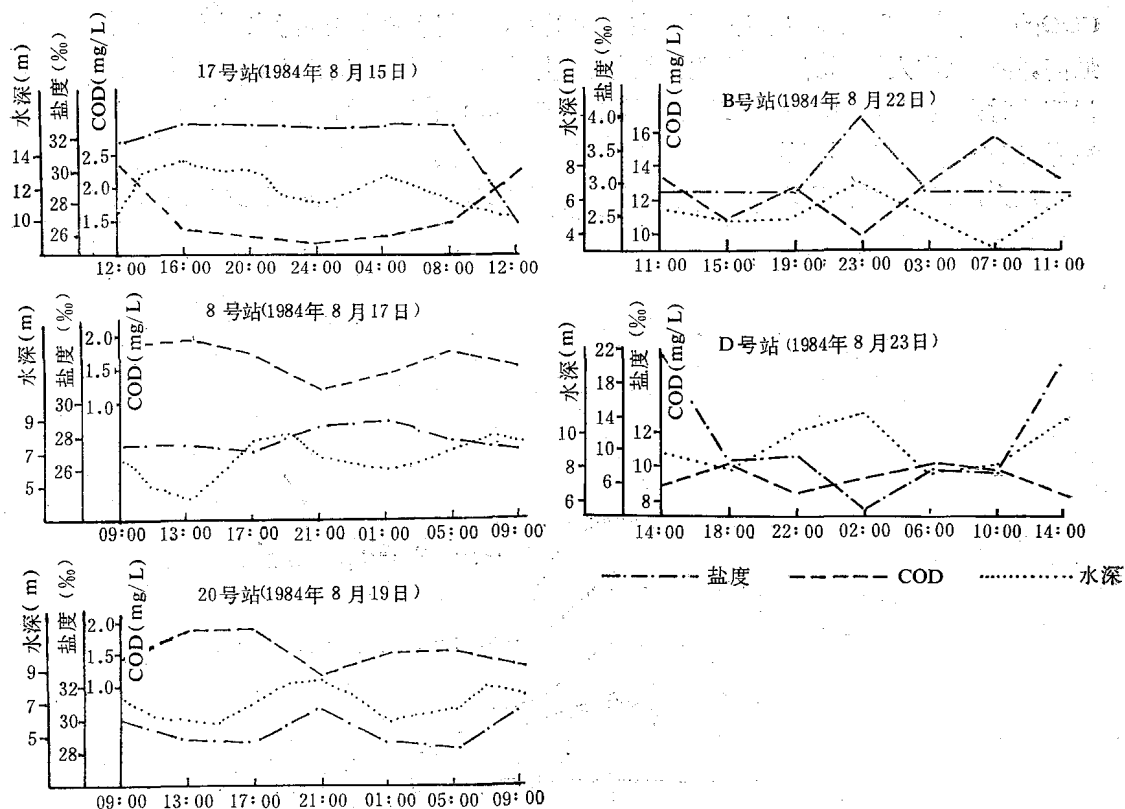


图 10 不同站位水质的周日变化

## 2. 海河口区水体中 COD 含量的周日变化

调查中在 17, 8, 20, B, D 站位定点测定 COD 的周日变化, 结果见表 5 和图 10。

从图 10 明显看出, 在永定新河河口段中的 B 站和 D 站, 不但 COD 含量比河口近岸海域高出许多倍, 而且周日变化较大: 河口内的变化可达  $6\text{mg/L}$ , 而在海域内的变化在  $1\text{mg/L}$  以内。无论河口内或海上的测站, COD 含量与海水盐度和水深存在着明显的负相关关系, 水深增加、盐度增大时 COD 浓度降低, 反之则升高; 说明水体中 COD 含量的变化主要是受潮汐的影响。

## 3. 耗氧有机物的转化

对调查区三个不同区段的 COD,  $\text{BOD}_5$  进行分析, 可以发现  $\text{BOD}_5$  与 COD 平均值的百分比值各不相同: 在永定新河河口段  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  的比值为 79%, 大沽排污河口区为 160%, 而河口近岸海域仅为 30%。两个河口内  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  比值明显高于河口外, 说明河口内的耗氧有机污染物可生化降解的成分高, 进入河口近岸海域后相当一部分有机污染物被生物净化了。大沽排污口区的  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  比值高于永定新河河口段, 说明前者有机污染物的生物净化程度远比后者为差。

$\text{BOD}_5$  和 COD 的含量以及两者的百分比值在北塘口和大沽口两个断面上的分布变化(图 11)表明: 北塘口内永定新河河口段 COD 和  $\text{BOD}_5$  的最高值出现在 B 站,  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  的最高比值也出现在该处。说明在 B 站以西, 北排污河排出的污水可生化降解的成分最高, 并随水流入海不断得到净化。特别是 8 月份, 从 B 站到 D 站,  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  比值锐减, 说明此时永定新河河口段内生生化降解的速率相当高; 与此同时, 耗氧量大, 造成河水严重缺氧, 这一点可由溶解氧的分布变化得到证实(图 12)。

从大沽口断面的 COD,  $\text{BOD}_5$  含量以及  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  比值的变化曲线图(图 13)中

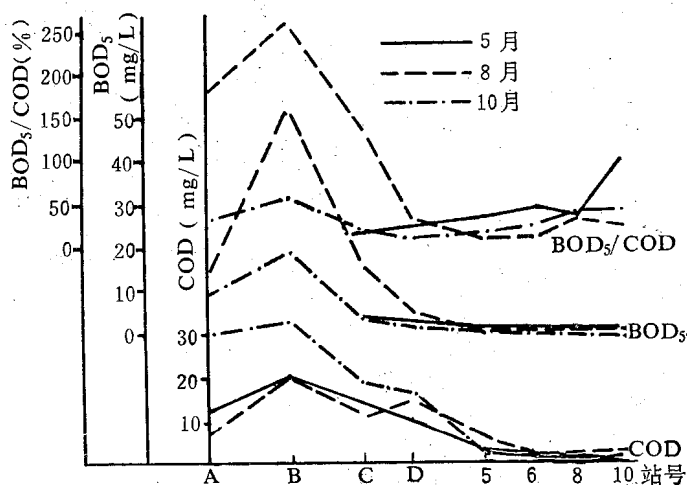


图 11 北塘口断面水中  $\text{BOD}_5$ , COD 含量及其比值的变化

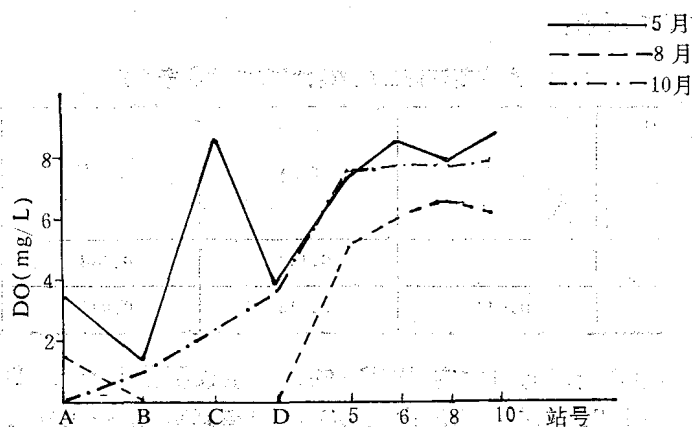
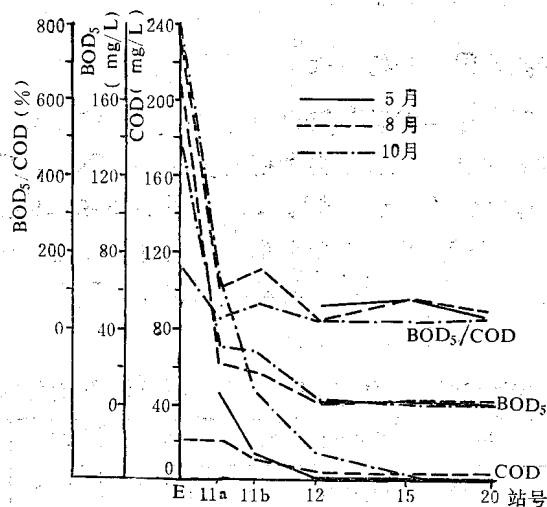


图 12 北塘口断面水中 DO 含量变化

图 13 大沽口断面水中 BOD<sub>5</sub>、COD 含量及其比值的变化

可以看到,曲线最高处在南排污河河口段的 E 站,而到 11b 站尽管距离很短,曲线却陡然下降,这再次证明在南排污河污水中可生化降解的成分亦很高。

#### 4. 耗氧有机物在永定新河河口段内自净系数的估算

按河水中耗氧性有机物的含量在空间分布上随流程的增加呈负指数方程递减的规律,用以下方程估算了永定新河河口段中 B 站到 D 站的 BOD<sub>5</sub> 和 COD 的自净系数:

$$C = C_0 e^{-Kd}$$

$$K = \ln\left(\frac{C_0}{C}\right) / d$$

式中,  $C_0$  为 B 站耗氧有机物含量 (mg/L);

$C$  为 D 站耗氧有机物含量 (mg/L);

$d$  为 B 站到 D 站的距离 (km)。

计算结果如表 6 所示:

表 6 永定新河河口段内耗氧有机物自净系数

| 项目               | K 值 | 月份    |       |       |       |
|------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
|                  |     | 5 月   | 8 月   | 10 月  | 平 均   |
| BOD <sub>5</sub> |     |       | 0.157 | 0.168 | 0.163 |
| COD              |     | 0.044 | 0.020 | 0.049 | 0.038 |

由表 6 看出, 永定新河河口段内 BOD<sub>5</sub> 的自净系数明显大于 COD, 其净化速率比 COD 高。据有关资料<sup>1)</sup>, 北京排污河内 COD 的自净系数  $K = 0.010$ , 相比之下, 永定新河河口段的自净系数较之为高。显然, 这是因为永定新河河口段受潮流的影响, 其水交换条件和溶解氧的补充都要优于北京排污河。

### 5. 耗氧性有机物与其他因子的相关性

表 7 列出了海河口区水体各因子之间的相关系数。BOD<sub>5</sub>, COD 和盐度有较好的负相关关系, 这从 COD 周日变化的观测中得到证实。COD, BOD<sub>5</sub> 都与 TN (总氮), TON (总有机氮), TP (总磷), TIP (总无机磷), TOP (总有机磷), 以及 CB (大肠菌群) 有较好的正相关关系。COD, BOD<sub>5</sub> 与 CB 的正相关关系也说明耗氧性有机物的主要来源之一是天津市排放的生活污水, 其生化降解速率高。COD, BOD<sub>5</sub> 与上述诸因子的正相关关系也说明这些污染物都来自同一污染源。

表 7 海河口区水体中 COD, BOD<sub>5</sub> 与其他因子相关系数表

| 项目               |    | 盐度    | TN   | TIN    | TON  | TP   | TIP  | TOP  | CB   |
|------------------|----|-------|------|--------|------|------|------|------|------|
| COD              | 5  | -0.78 | 0.96 | 0.71   | 0.50 | 0.85 | 0.92 | 0.82 | 0.97 |
|                  | 8  | -0.46 | 0.54 | 0.36   | 0.51 | 0.39 | 0.29 | 0.38 | 0.86 |
|                  | 10 | -0.60 | 0.62 | -0.09  | 0.63 | 0.85 | 0.66 | 0.95 | 0.55 |
| BOD <sub>5</sub> | 5  | -0.15 | 0.70 | 0.07   | 0.90 | 0.27 | 0.58 | 0.21 | 0.58 |
|                  | 8  | -0.40 | 0.40 | 0.50   | 0.31 | 0.46 | 0.45 | 0.39 | 0.57 |
|                  | 10 | -0.59 | 0.56 | -0.098 | 0.57 | 0.86 | 0.71 | 0.92 | 0.48 |

注: 本表所列相关系数系由本所平仲良同志计算。

### 参 考 文 献

- Marlaisowens, 1984. Severn-estuary—An appraisal of water quality. *Marine Pollution Bulletin* 15(2) 41—47.  
 Zingde, M. D. and P. V. Narvekar, 1986. Environmental studies of the Ambika and Associated river estuaries. *Marine Pollution Bulletin* 17(6) 267—274.

1) 中国科学院环境科学委员会, 1985。京津地区水域有机污染及防治对策。

## THE DISTRIBUTION FEATURES OF OXYGEN-CONSUMING ORGANIC MATTER IN THE HAIHE RIVER ESTUARY AREA OF THE BOHAI BAY\*

Gu Tangxiu, Dai Minying, Xu Xianyi and Zhou Chennian

*(Institute of Oceanology, Academia Sinica)*

### ABSTRACT

This paper discusses the results of studies on the use of BOD<sub>5</sub>, COD and DO as indices of oxygen-consuming organic matter in measuring the BOD<sub>5</sub>, COD and DO content of the Haihe River estuary area in the Bohai Bay, and on their distributional patterns.

The diurnal variation of COD content is related to salinity and water depth, but is mainly influenced by tidal effects. The BOD<sub>5</sub>/COD ratio is 79% in the Yongdingxing River, 160% in the southern sewage discharge river, 30% in the estuary.

The biological and chemical degradation rate of oxygen-consuming organic matter in the Yongdingxing River and in the southern sewage discharge river is rather high. The selfpurification factor of BOD<sub>5</sub> and COD in the Yongdingxing River is 0.163 and 0.038.

---

\* Contribution No 1399 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.