

2005 年夏季环渤海 16 条主要入海河流的污染状况

张龙军, 夏斌, 桂祖胜, 江春波

(中国海洋大学海洋环境与生态教育部重点实验室, 青岛 266100)

摘要: 2005-07-01 ~ 2005-07-05 对环渤海的黄河等 16 条主要河流的入海污染同步调查显示, 13 条河流断面的水质属于 IV 类以上, 其中子牙新河等 8 条河流水质属于劣 V 类, 通过污染分担率分析, 环渤海河流的首要污染物为石油类(11 条河流), 其次为营养盐, 高锰酸盐指数仅位居第 3. 采用综合营养状态指数法评价, 大辽河、黄河等 7 条河流处于富营养状态, 而小清河、蓟运河等 7 条河流处于重度富营养状态, 可见环渤海河流的富营养化现象非常严重. 有机污染物的调查显示, 16 条河流断面采样点 TOC 的平均值为 16.41 mg/L, 高锰酸盐指数的平均值为 6.04 mg/L, 其中易降解有机物所占比例平均为 15.61%, 表明虽然环渤海 16 条河流中的化学需氧有机物质的污染严重, 但总有机物的入海通量更大, 这一点必须引起足够的重视.

关键词: 环渤海河流; 污染状况; 富营养化; 有机污染物; 易降解有机物

中图分类号: X824 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2007)11-2409-07

Contaminative Conditions Evaluation of Sixteen Main Rivers Flowing into Sea Around Bohai Sea, in Summer of 2005

ZHANG Long-jun, XIA Bin, GUI Zu-sheng, JIANG Chun-bo

(Key laboratory of Marine Environmental Science and Ecology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: In order to study the pollution conditions of sixteen main rivers around Bohai Sea such as Yellow River and so on, water samples were collected synchronously from July 1 to July 5 in summer of 2005. The results show that, thirteen rivers are worse than the IV water, and eight rivers such as Ziyaxinhe River and so on are worse than the V water. By analysing the sharing ratio of pollution, the key pollutant is petroleum (eleven rivers), the second is nutrients, and the third is permanganate index. The comprehensive trophic state index was assessed, and it is shown that seven rivers such as Liaohe River, Yellow River and so on are eutrophic, and the other seven rivers such as Xiaoqinghe River and Jiyunhe River and so on are extreme-eutrophic. As a result, the eutrophic conditions of rivers around Bohai Sea are very serious. The organic pollutant investigation indicates that the average concentration of TOC in sixteen rivers is 16.41 mg/L, the average permanganate index is 6.04 mg/L, and the average weight percentage of the easily degradable organics in total is only 15.61%, which suggests that the organic pollution conditions of the sixteen rivers are far serious, but the fluxes of total organic matters, which are more, should be put more attention on.

Key words: rivers around Bohai Sea; contaminative conditions; eutrophication; organic pollutants; easily degradable organics

环渤海地区是我国的经济热点地区之一. 2005 年环渤海经济区主要海洋产业总产值 5 510 亿元, 占全国主要海洋产业总产值的比重为 32.4%^[1]. 渤海是环渤海区域经济发展的重要支持系统. 但是随着工业和城市的发展, 大量的氮、磷等营养物质和有机碳等化学耗氧物质排入河流, 造成环渤海河口区域部分水质和底泥的环境污染程度处于中度或严重污染状^[2], 最后流入渤海, 这些物质的日益增多使渤海呈现出富营养化状态^[3,4], 进而给渤海带来诸如赤潮等严重的环境问题^[5,6]. 渤海近岸海域污染主要是陆源污染物引起的, 约占入海污染物总量的 75%, 而河流入海污染是陆源污染物入海的主要污染源之一^[7], 因此, 研究环渤海河流污染状况对于渤海的环境治理有很重要的意义.

1 监测站位及测定方法

环渤海河流调查站位如图 1 所示, 自 2005-07-01

从莱州湾的小清河羊口站至 2005-07-05 辽东湾的大辽河营口站, 调查范围涉及环渤海 16 条主要河流, 每条河流在接近入海处设置取样横断面, 每个横断面取 3 个点 ($n = 3$). 具体采样站位: ①小清河山东羊口站, ②黄河口浮桥站, ③徒骇河山东沾化站, ④马颊河山东庆云站, ⑤子牙新河北歧口站, ⑥大清河天津千米桥站, ⑦独流减河天津万家码头桥站, ⑧海河河口闸门站, ⑨潮白新河天津站, ⑩蓟运河天津汉沽站, ⑪滦河北姜各庄站, ⑫六股河辽宁绥中站, ⑬小凌河辽宁锦州站, ⑭大凌河辽宁凌海站, ⑮双台子河辽宁大洼站, ⑯大辽河辽宁营口站.

水样用 Niskin 采水器同步采集, 每站只取表层水, 测定参数包括: DO(溶解氧)、TOC(总有机碳)、

收稿日期: 2006-11-27; 修订日期: 2007-01-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(40476063)

作者简介: 张龙军(1955 ~), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为河口及近海环境, E-mail: longjunz@ouc.edu.cn

高锰酸盐指数、 NO_3^- -N(硝酸盐氮)、 NO_2^- -N(亚硝酸盐氮)、 NH_4^+ -N(氨氮)、 PO_4^{3-} -P(活性磷酸盐)、Chl-a(叶绿素 a)、石油类. 样品处理和各种参数分析方法如下: DO 用碘量法测定; 高锰酸盐指数用碱性高锰酸钾法现场测定; 营养盐(NO_3^- -N、 NO_2^- -N、 NH_4^+ -N、 PO_4^{3-} -P)、Chl-a 现场用 $0.45 \mu\text{m}$ 的醋酸纤维膜过滤, 冷藏或冷冻保存, 回实验室后分别用 Brab + Luebbe 公司 AA₃ 营养盐自动分析仪和荧光分光光度法测定; TOC 冷藏保存后用岛津 TOC-VCPN 总有机碳分析仪测定; 石油类用紫外分光光度法测定.

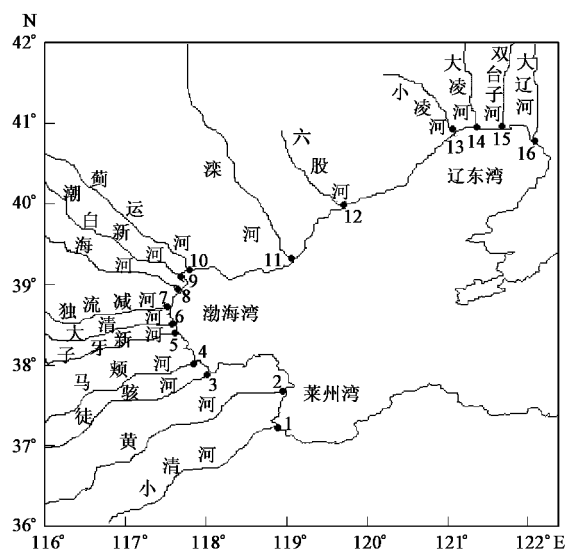


图 1 采样地点示意

Fig.1 Sketch map of sampling sites

2 环渤海河流污染状况整体评价

环渤海区域主要包括辽河流域、海河流域、黄河流域, 其中辽河流域为温带大陆性季风气候区, 具有较多的西风带气候特色; 海河流域属于温带半湿润、半干旱大陆性季风气候区, 春季干旱多风沙, 具有水资源总量少、降水时空分布不均、经常出现连续枯水年和水资源量逐渐衰减的特点; 黄河流域处于中纬度地带, 受到大气环流和季风环流影响, 具有水资源地区分布不均, 径流量的年际、年内变化大, 水沙异源且含沙量大等特点. 由于这 3 种不同流域的水系分别注入辽东湾、渤海湾、莱州湾, 所以将环渤海河流以注入的海湾不同进行分类评价.

2.1 进入辽东湾河流的污染状况

辽东湾位于辽东半岛老铁山角至山海关老龙头以北海区, 由于其地理位置的特点, 在海洋环境方面属脆弱区, 海水交换 1 次约需 15 a, 自净能力很

差^[8]. 进入该湾的河流主要有大辽河、双台子河、大凌河、小凌河、六股河等. 其中大辽河是汇入辽东湾最大的河流, 全长 1 345 km, 目前入海径流量为 $50 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 左右, 7、8 月的径流量占年径流量的 60%^[9]; 大凌河是仅次于辽河汇入辽东湾的第二大河流, 总河长 397 km, 锦县水文站多年平均径流量为 $18 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 6~9 月的径流量占全年径流量的 80%^[10].

根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 分析, 大辽河(辽宁营口站)的水质属于劣 V 类(如图 2 所示, 下同), 其 NH_4^+ -N 含量为 4.44 mg/L, 超过 V 类标准 1.2 倍, 石油类含量为 2.31 mg/L, 超过 V 类标准 1.3 倍, 其主要原因可能是大辽河流域农业生产中化肥施用量的逐年上升, 且农田灌溉及农业养殖等生产废水几乎无任何处理就流入大辽河, 使水质氨氮污染加重, 同时由于辽河油田的存在, 有机污染也比较严重, 高锰酸盐含量为 4.05 mg/L, 低于 III 类标准. 柴宁^[11]以 2000~2005 年大辽河流域的水质监测数据为基础, 分析了大辽河流域氨氮的时空变化特征, 发现氨氮在空间上有从上游至下游逐渐加重的趋势, 近年来下游流域内氨氮总体表现出升高的趋势, 达到 V 类或劣 V 类水质, 与本研究得到的结果一致; 双台子河(辽宁大洼站)的水质属于 IV 类; 大凌河(辽宁凌海站)的水质属于 II 类水质; 小凌河(辽宁锦州站)的水质属于劣 V 类, 这可能是由于小凌河自朝阳市西南 110 km 处的助安格喇山发源后, 流经朝阳、锦西、锦州、凌海市, 接纳锦州市内全部工业污水和生活污水而造成的; 六股河(辽宁绥中站)属于 II 类水质, 是环渤海河流中水质最好的河流.

2.2 进入渤海湾河流的污染状况

渤海湾以滦河口至黄河口连线为其东界. 据测算, 渤海湾海水半交换周期为 10 个月^[8], 水交换能力较强, 有利于湾内污染物的稀释扩散. 入海河流主要有海河、滦河、马颊河、徒骇河等河流. 海河是我国华北地区主要河流之一, 流域面积 2 066 km², 流域内大中城市多, 人口密度大, 工业较为发达, 工业排污和生活污水量也相应增加^[12, 13]. 海河(天津水文站)的年径流量经过大幅度的降低和回升, 目前稳定在 $9 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 左右^[14]; 滦河发源于河北省丰宁县西北小梁山古道沟, 流经内蒙古转回河北省, 经承德下流流经唐山的迁西、迁安、滦县、乐亭入渤海. 有报道滦河(潘家口站)年径流量目前在 $2 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 左右^[14], 但滦河的入海水量目前已基本上被水利工程控制.

如图 2 所示,根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)分析,海河(闸)水质属于劣 V 类,其 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量达到 4.88 mg/L,超过 V 类标准 1.4 倍,这与海河两岸大量排放的工业废水及城镇生活污水有关, $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 含量为 1.98 mg/L,远远超过 III 水质标准,这主要是因为此站位是海河的淡水与渤海湾的咸水混合的河口区,DO 含量仅为 2.65 mg/L,处于相对厌氧状态,使一部分硝酸盐氮在反硝化细菌等微生物的作用下还原成了亚硝酸盐氮^[15],高锰酸盐指数含量为 5.30 mg/L,达到 III 水质标准.刘国华等^[16]对 1993~1997 年海河水质监测资料分析,结果表明海河下游断面的污染等级均在 IV 级和 V 级的水平,主要污染因子是 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 以及由高锰酸盐指数所表征的有机污染,与本研究结果相比海河下游的高锰酸盐指数表征的有机污染减轻,而 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 等

无机污染则更加严重;滦河(河北姜各庄站)的水质属于 IV 类,而 2002~2004 年滦河下游超过 50% 的河段优于和达到 III 类水质标准^[17],与本研究结果相比,滦河下游水质有所恶化;马颊河(山东庆云站)的水质属于 V 类;徒骇河(山东沾化站)的水质属于 IV 类;大清河(天津千米桥站)的水质属于 II 类;独流减河(天津万家码头桥站)的水质属于劣 V 类;潮白新河(天津站)的水质属于劣 V 类;蓟运河(天津汉沽站)的水质属于劣 V 类;子牙新河(河北歧口站)的水质属于劣 V 类,其 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 和石油类都超过了 V 类标准,现场观察水呈咖啡色,发出恶臭味,是环渤海河流中污染最严重的河流.海河流域诸河流水质如此之差与海河流域内大中城市多,人口密度大,工业较为发达,工业排污和生活污水量的不断增加^[12,13]不无关系.

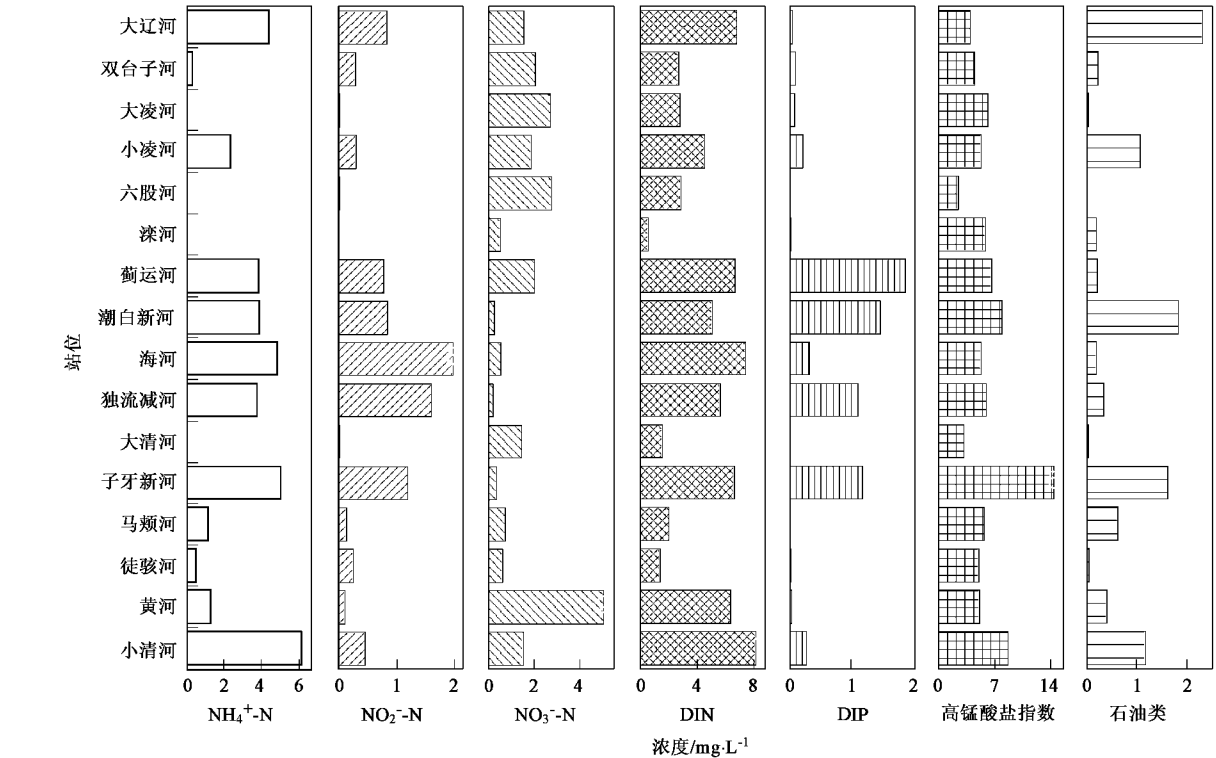


图 2 环渤海各河流主要污染物浓度

Fig.2 Major pollutant concentration of the rivers around Bohai Sea

2.3 进入莱州湾河流的污染状况

莱州湾位于山东半岛北侧,渤海南部,平均水深约 10 m,总面积 $1.59 \times 10^4 \text{ km}^2$. 相比以上 2 个海湾,莱州湾水交换能力是最强的^[8]. 主要有黄河、小清河等河流汇入湾内.黄河是渤海最大的入海河流,对莱州湾环境质量变化起着重要作用^[18]. 多年监测表明,黄河年径流量整体上呈现出逐渐下降的趋势,黄

河(利津水文站)年径流量由 20 世纪 50 年代的 $500 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 左右下降到目前约 $200 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ^[19];小清河是山东省中部地区最重要的入海河流,小清河的年入海径流量主要集中在汛期^[20]. 1998 年小清河(羊角沟水文站)入海径流量为 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,2002 年下降到 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右^[20]. 黄河和小清河入海径流量的变化在 1 a 中最高出现在 7~9 月份,黄

河夏季平均入海径流量占全年的 51.6%，最高达到 76.8%；小清河夏季平均入海径流量占全年的 60.2%，最高达到 77.4%^[21]。

如图 2 所示，根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)分析，黄河口(山东浮桥站)水质属于Ⅳ类，其石油类含量为 0.42 mg/L，说明虽然黄河下游多处于地上悬河，但石油污染现象不容忽视；黄河口 PO_4^{3-} -P 含量仅为 0.03 mg/L，这可能与黄河口高悬浮物对磷酸盐的缓冲作用有关^[22,23]。在 2000~2004 年间黄河入海口处的水质类别为Ⅳ类水质，主要超标污染因子为石油类和化学需氧量^[19]。可见，近年来黄河口的石油污染一直比较严重。另外近年来黄河径流量减少，自净能力减弱也是一个不容忽视问题。

小清河(山东羊口站)水质属于劣Ⅴ类，其石油类含量为 1.17 mg/L，超过Ⅴ类标准 0.2 倍； NH_4^+ -N 含量达到 6.18 mg/L，超过Ⅴ类标准 2.1 倍，这主要是因为小清河沿岸的齐鲁石化、广饶炼油厂和寿光造纸厂向小清河排放了大量的含氮有机物污水，同时也造成了水体溶氧能力降低，DO 仅为 1.62 mg/L，远低于正常水体常温下的溶解氧量(8~14 mg/L)，孟春霞等^[24]认为，这是低溶氧状态下，微生物大量滋生，污水中的含氮有机物在微生物的作用下被大量分解而产生氨氮所致。

3 首要污染物及污染分担率分析

污染指数包括污染因子的污染指数、平均污染指数(average contaminative index, ACI)和综合污染指数(integrated contaminative index, ICI)等。污染分担率表示单项污染因子指数对综合水质污染的贡献大小，污染分担率最高的因子即为水体的首要污染物。选取 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N、 NO_2^- -N、 PO_4^{3-} -P、高锰酸盐指数、石油类 6 个参数作为此方法研究的污染因子。

根据公式^[25,26]可以计算出环渤海河流的污染指数和污染分担率。通过分析污染分担率，可以得出河流的首要污染物，见表 1。虽然表 1 中的污染因子对水质污染的贡献率最大，但是其它污染分担率超过 10% 的超标污染因子也不容忽视：小清河的 NH_4^+ -N (17.34%)；黄河的 NH_4^+ -N (11.45%)；徒骇河的石油类 (25.32%)；子牙新河的 NO_2^- -N (14.56%)、 NH_4^+ -N (11.10%)、 PO_4^{3-} -P (10.76%)；独流减河的石油类 (24.61%)、 PO_4^{3-} -P (19.76%)、 NH_4^+ -N (13.71%)、海河的石油类 (31.92%)、 PO_4^{3-} -P (13.05%)、潮白新河的 PO_4^{3-} -P (13.64%)、 NO_2^- -N (10.64%)；蓟运河的

NO_2^- -N (21.77%)、石油类 (17.95%)、 NH_4^+ -N (16.00%)；双台子河的 NO_2^- -N (22.21%)；大辽河的 NH_4^+ -N (23.98%)、 NO_2^- -N (13.11%)。

表 1 环渤海河流 2005 年夏季的首要污染物

Table 1 Key pollutant of the rivers around Bohai Sea in summer, 2005		
海湾	河流	首要污染物
辽东湾	大凌河	石油类
	双台子河	石油类
	大辽河	石油类
	小凌河	石油类
	六股河	高锰酸盐指数
莱州湾	小清河	石油类
	黄河	石油类
渤海湾	徒骇河	NO_2^- -N
	马颊河	石油类
	子牙新河	石油类
	大清河	石油类
	独流减河	NO_2^- -N
	海河	NH_4^+ -N
	潮白新河	石油类
	蓟运河	PO_4^{3-} -P
	滦河	石油类

4 夏季环渤海河流富营养化及有机污染状况的判定

4.1 水质富营养化的判别标准及计算

渤海在 2000~2005 年共 6 a 间赤潮发生次数变化不大，高发期主要集中在夏季，但累计面积有明显的增大，其中 2005-06 连续发生在渤海湾和辽东湾的 2 次赤潮持续时间共 20 d，面积约 5 000 km²^[27]。渤海已成为赤潮的重灾区。海域富营养化是赤潮发生的物质基础，因此，研究渤海营养盐的来源对于赤潮的防治有非常重要的意义。

富营养化的评价方法从参数选择上可分为 2 类：①单因子指数法，包括物理参数法(气温、水色、透明度、照度、辐射量等)、化学参数法(DO、CO₂、N、P、高锰酸盐指数等)、生物学参数法(Chl-a、浮游植物种类、多样性指数、AGP 等)；②综合指数法，包括综合营养状态指数、Justic 指数、邹景忠指数、Ignatiades 指数、模糊理论等。

鉴于河流湖泊富营养化评价的复杂性及单因子评价法的片面性，所以本研究采用国家环境保护总局推荐的综合营养状态指数法^[28]。

公式：
$$\text{TLI}(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j \times \text{TLI}(j)$$

式中， $\text{TLI}(\sum)$ 为综合营养状态指数； W_j 为第 j 种参

数的营养状态指数.评价指标有叶绿素 a(Chl-a)、总磷(TP)、总氮(TN)、高锰酸盐指数.

$$TLI(Chl-a) = 10(2.5 + 1.086 \ln Chl-a)$$

$$TLI(TP) = 10(9.436 + 1.624 \ln TP)$$

$$TLI(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN)$$

$$TLI(\text{高锰酸盐指数}) = 10(0.109 + 2.661 \ln \text{高锰酸盐指数})$$

经过计算(用 DIN、DIP 近似表示 TN、TP),结果如图 3 所示.环渤海 16 条主要河流中,除了徒骇河和六股河处于中营养状态,其它 14 条河流均处于富营养状态,并且有 7 条河流处于重度富营养状态,可见环渤海河流的富营养化现象非常严重,河流输入是陆源污染入渤海的主要来源.

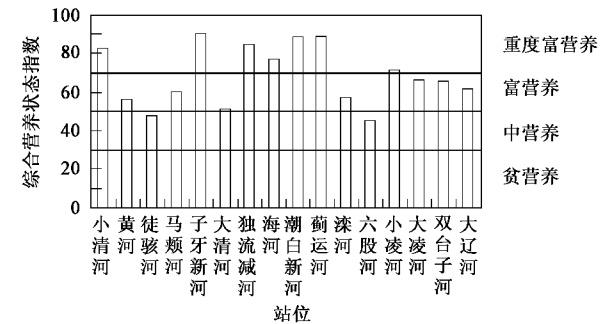


图 3 环渤海河流综合营养状态指数

Fig.3 Comprehensive trophic state index of the rivers around Bohai Sea

4.2 有机污染状况分析

高锰酸盐指数是传统的反映水体有机污染状况的指标,但由于高锰酸钾的氧化能力较弱且对各类有机污染成份的氧化效率不同,故该项指标在指示水体有机污染方面已有了较大的局限性,目前一般只用于表示水体中化学易降解有机需氧物质的含量.而总有机碳(TOC)的测定,不论是干法氧化还是湿法氧化,其氧化效率都非常强,对绝大多数有机成份的氧化率均可达到 80% 以上,因而与高锰酸盐指数相比能更准确地反应水体有机污染的程度.

如图 4,环渤海 16 条河流中,子牙新河(河北歧口)的 TOC 与高锰酸盐指数最大,其中 TOC 高达 41.94 mg/L,高锰酸盐指数为 14.48 mg/L;六股河(辽宁绥中站)的 TOC 与高锰酸盐指数最小,其中 TOC 为 4.57 mg/L,高锰酸盐指数为 2.44 mg/L.环渤海 16 条河流的 TOC 的平均值为 16.41 mg/L,高锰酸盐指数的平均值为 6.04 mg/L.根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)分析,六股河(辽宁绥中站)、大清河(天津千米桥站)的高锰酸盐指数处于 II 类标

准,黄河(山东浮桥站)等其它河流的高锰酸盐指数处于 III 类标准以上,环渤海 16 条河流的高锰酸盐指数的平均值处于 IV 类标准.

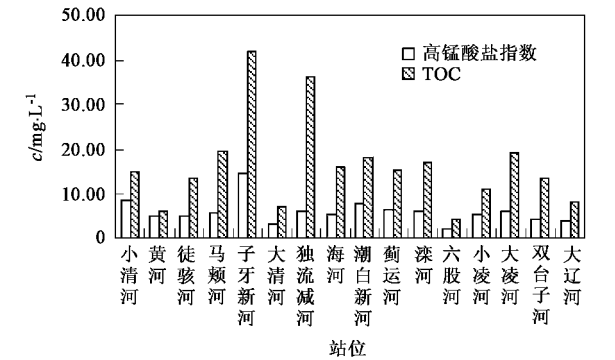


图 4 环渤海河流的高锰酸盐指数与 TOC 浓度

Fig.4 Permanganate index and TOC concentration of rivers around Bohai Sea

地表水中需氧污染物质主要是有机物和少量还原性无机物质,所测定的高锰酸盐指数值中除包括有机物被氧化所消耗的 COD_A ,还包括少量无机还原性物质被氧化的 COD_B ,即高锰酸盐指数 = $COD_A + COD_B$,但 COD_B 的值往往很小而忽略,所以通常高锰酸盐指数 $\approx COD_A$.地表水中的有机物的成分是比较复杂的,可以用以下通式表示其反应原理.

$$C_mH_nO_x + \left(m + \frac{n}{4} - \frac{x}{2}\right)O_2 = mCO_2 + \frac{n}{2}H_2O \quad (1)$$

$$COD_A = \left(m + \frac{n}{4} - \frac{x}{2}\right)M_{O_2} \quad (2)$$

$$TOC = mM_C \quad (3)$$

$$COD_A \approx \text{高锰酸盐指数} = \frac{M_{O_2}}{M_C} \times TOC + \left(\frac{n}{4} - \frac{x}{2}\right) \times M_{O_2} \quad (4)$$

式中, M_{O_2} 表示 1 mol O_2 的质量; M_C 表示 1 mol C 的质量; m 、 n 、 x 分别表示有机物中 C、H、O 的原子数.

因为 M_{O_2} 、 M_C 、 m 、 n 、 x 都是定值,所以式(4)从理上说明了高锰酸盐指数与 TOC 有良好的相关性,而在实际的调查分析中也证实了这一点:图 5 环渤海河流 16 个站位的高锰酸盐指数与 TOC 表现出相同的变化趋势,除去独流减河站偏离较远外,其它河流的关系式为: $TOC = 2.835 \times \text{高锰酸盐指数} - 2.037$,相关系数 R^2 达到 0.83,相关性显著,说明环渤海地区工业、农业布局,污染源的性质,总体上有一致性.

因为 TOC 的氧化能力非常强,基本上可以把有

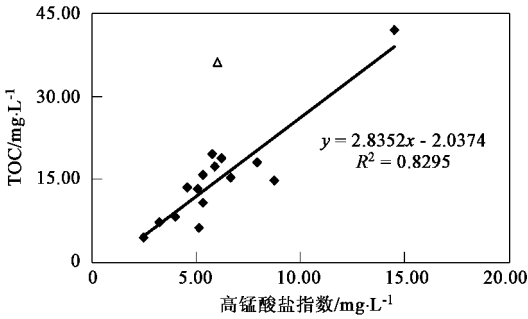


图 5 环渤海河流高锰酸盐指数与 TOC 的相关性
Fig.5 Correlation between permanganate index and TOC

机物完全氧化,所以由(4)式可以得出假如有机物完全被高锰酸钾氧化时高锰酸盐指数的值,称之为高锰酸盐指数理论值.又因为 $\left(\frac{n}{4}-\frac{x}{2}\right) \times M_{O_2}$ 表示有机物中 H 消耗的氧量与自身所带氧量的差值,与 $\frac{M_{O_2}}{M_C} \times \text{TOC}$ 的值相比较小,可忽略,所以(4)式可以简化为:

高锰酸盐指数(理论值) $\approx \frac{M_{O_2}}{M_C} \times \text{TOC} \approx 2.67 \times \text{TOC}$
再根据公式:

易降解的耗氧有机物所占的比例
$$= \frac{\text{高锰酸盐指数(实际值)}}{\text{高锰酸盐指数(理论值)}} \times 100\%$$

可以得出(如图 6):黄河口易降解的需氧有机物的比例最高,为 30.30%;独流减河易降解需氧有机物的比例最低,为 6.17%.环渤海 16 个河流断面的易降解需氧有机物所占入海总有机物比例的平均值仅为 15.61%,表明,虽然所调查的环渤海 16 个河流断面中的化学需氧有机物质的污染严重,但总有机物的入海通量更大,这一点必须引起足够的重视.

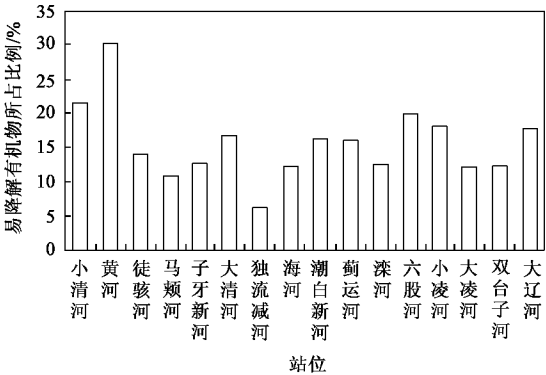


图 6 环渤海河流易降解有机物所占比例
Fig.6 Proportion of easily degradable organics

5 结论

(1)此次调查环渤海的 16 个河流断面中, 4 个河流断面水质属于Ⅳ类, 1 个河流断面水质属于Ⅴ类, 8 个河流断面水质属于劣Ⅴ类, 只有 3 个河流断面的水质属于Ⅱ类.其中六股河(辽宁绥中站)的水质最好, 子牙新河(河北歧口站)的水质最差.通过污染分担率分析,环渤海河流的首要污染物为石油类(11 条河流), 其次为营养盐,高锰酸盐指数仅位居第 3.

(2)环渤海 16 条河流中, 辽河、黄河等 7 条河流处于富营养状态, 而小清河、蓟运河等 7 条河流处于重度富营养状态, 可见环渤海河流的富营养化现象非常严重, 河流输入是陆源污染物入渤海的主要来源.

(3)环渤海 16 条河流断面采样点 TOC 的平均值为 16.41 mg/L, 高锰酸盐指数的平均值为 6.04 mg/L, 其中易降解有机物所占比例平均为 15.61%, 表明虽然环渤海 16 个河流中的化学需氧有机物质的污染严重,但总有机物的入海通量更大,这一点必须引起足够的重视.

参考文献:

[1] 国家海洋局. 2005 年中国海洋经济统计公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2005.

[2] 孟伟, 刘征涛, 范薇. 渤海主要河口污染特征研究[J]. 环境科学研究, 2004, 17(6): 66 ~ 69.

[3] 苏一兵, 雷坤, 孟伟. 陆域活动对渤海海岸带的影响[J]. 中国水利, 2003, (3 B): 78 ~ 80.

[4] 单志欣, 郑振涛, 邢红艳, 等. 渤海莱州湾的富营养化及其研究[J]. 海洋湖沼通报, 2000, 13 (2): 41 ~ 46.

[5] 赵章元, 孔令辉. 渤海海域环境现状及保护对策[J]. 环境科学研究, 2000, 13(2): 23 ~ 27.

[6] 方志刚, 穆云侠. 渤海辽东湾富营养化的趋势研究[J]. 环境保护科学, 2001, 27(105): 15 ~ 17.

[7] 王修林, 李克强. 渤海主要化学污染物海洋环境容量[M]. 北京: 科学出版社, 2006. 45 ~ 47.

[8] 魏皓, 田恬, 周锋, 等. 渤海水交换的数值研究-水质模型对半交换时间的模拟[J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(4): 519 ~ 525.

[9] 水利部松辽水利委员会. 松辽流域水资源公报[R]. 吉林长春: 水利部松辽水利委员会, 2000 ~ 2005.

[10] 辽宁省水文局. 辽宁水资源公报[R]. 辽宁大连: 辽宁省水文局, 2000 ~ 2005.

[11] 柴宁. 大辽河水系主要污染物特征分析[J]. 环境保护科学, 2006, 32 (3): 19 ~ 21.

[12] 吴凯. 环渤海区域水环境问题及其防治对策[J]. 地理科学, 1997, 17(3): 231 ~ 236.

[13] 王裕伟. 海河流域水环境的主要问题及对策[J]. 海河水利, 1997, 2: 21 ~ 23.

[14] 海河水利委员会. 海河流域水资源公报[R]. 天津: 海河水利

委员会,1999~2005.

[15] 熊代群,杜晓明,唐文浩. 海河天津段与河口海域水体氮素分布特征及其与溶解氧的关系[J]. 环境科学研究,2005,18(3):1~4.

[16] 刘国华,傅伯杰,杨平. 海河水环境质量及污染物入海通量[J]. 环境科学,2001,22(4): 46~50.

[17] 海河水利委员会.海河流域水资源公报[R].天津: 海河水利委员会,2002~2004.

[18] 童钧安.莱州湾主要污染物来源及分布特征[J]. 黄渤海海洋, 1994,12(4): 16~20.

[19] 黄河水利委员会.黄河水资源公报[R]. 河南郑州: 黄河水利委员会,2000~2004.

[20] 田家怡.山东小清河流域污染问题与水质管理研究[M]. 东营: 石油大学出版社,1996.1~8,27~54.

[21] 马绍赛,辛福言,崔毅,等. 黄河和小清河主要污染物入海量

的估算[J]. 海洋水产研究,2004,25(5):47~51.

[22] 石晓勇,史致丽,余恒,等. 黄河口磷酸盐缓冲机制的探讨[J]. 海洋与湖沼,1999,30(2):192~198.

[23] 林荣根,吴景阳. 黄河口沉积物对磷酸盐的吸附与释放[J]. 海洋学报,1994,16(4): 82~90.

[24] 孟春霞,邓春梅,米铁柱,等. 小清河口及邻近海域的溶解氧[J]. 海洋环境科学,2005,24(3):25~28.

[25] 陆书玉,栾胜基,朱坦. 环境影响评价[M]. 北京: 高等教育出版社,2001.89~95.

[26] 奚旦立,孙裕生,刘秀英. 环境监测[M]. 北京: 高等教育出版社,1987.7~14.

[27] 国家海洋局. 国家海洋局公报[R]. 北京: 国家海洋局,2000~2005.

[28] 金相灿,刘鸿亮. 中国湖泊富营养化[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1990.163~216.