



水环境化学

——第二松花江吉林段水中有机污染物研究

郎佩珍 袁 星 丁蕴铮 等 著

SHUIHUANJING
HUAXUE Di-er
Songhuajiang
Jilinduan
Shuizhong
Youji Wuranwu
Yanjiu

中国环境科学出版社

水环境化学

——第二松花江吉林段水中有机污染物研究

郎佩珍 袁 星 丁蕴铮 等著

中国环境科学出版社·北京

内容简介

- 一、第二松花江中下游，哨口—松花江村段的调查、监测及江中有机污染物的迁移转化行为研究
1. 自 1983—1990 年的 7 年对吉化公司等化工污水污染源、哨口江段两岸排污口至松花江村长达 138 km 长江段进行调查、监测。
 2. 对江中主要有机污染物在该江段中发生的迁移转化过程，包括挥发、吸附、光分解、生物降解进行现场模拟研究。
 3. 全球范围内首次在大江河应用暴露分析模拟系统 (EXAMS) 方法，以及应用自行设计的野外实验池，对江中主要有机污染物迁移转化行为进行综合模拟研究。
- 二、对江中主要污染物、重点为硝基芳烃对水生生物的毒性及作用机制研究
1. 有机污染物对水生生物的急性毒性测定，并经定量毒性与结构的关系 (QSAR) 研究毒性作用机制。
 2. 有机污染物硝基芳烃在鱼体内慢性毒性作用，研究其在鱼体内的积累、消除及代谢作用。
- 三、分析方法研究

图书在版编目 (CIP) 数据

水环境化学：第二松花江吉林段水中有机污染物研究 / 郎佩珍，袁星，丁蕴铮等著。—北京：中国环境科学出版社，2008.4

ISBN 978-7-80209-702-5

I. 水… II. ①郎…②袁…③丁… III. 松花江-有机污染物-研究
IV. X522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 030358 号

责任编辑 赵惠芬
责任校对 刘凤霞
封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2008 年 4 月第 1 版
印 次 2008 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 13.5
字 数 300 千字
定 价 35.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

参加本书各题研究与撰写人名单

- 郎佩珍 东北师范大学城市与环境科学学院 教授 本书主编
- 全 燮 大连理工大学环境工程学院 院长、教授、理学博士
- 袁 星 东北师范大学城市与环境科学学院 副院长、教授
- 丁蕴铮 东北师范大学城市与环境科学学院 副教授 本书副主编
- 龙凤山 东北师范大学城市与环境科学学院 副教授
- 赵元慧 东北师范大学城市与环境科学学院 教授、理学博士
- 王敏健 理学博士
- 陆光华 河海大学环境科学与工程学院 教授、理学博士
- 王 毅 理学博士
- 王 宁 东北师范大学城市与环境科学学院 教授、理学博士
- 陈景文 大连理工大学环境工程学院 教授、理学博士
- 以及朱志宁、朱秀华、林桐枫、刘静玲、马逊风等理学博士、教授、副教授

前 言

有毒有机污染物，如合成染料、塑料、树脂、药物、杀虫剂、洗涤剂等的产品、原料、中间体、添加剂等生产量大、品种多，在生产、运输、消费过程中，进入环境的量也日趋增加。对进入环境的这些化学物质，特别是其中的持久性有毒化合物，它们在环境中的量、变化及其生态效应、潜在毒性一直引起人们的关注。

为研究受化学品污染水体的潜在毒性，首先要进行水体中化学毒物的监测、调查，进行其环境行为、毒效应及风险性评价研究，在此基础上研究控制、防治措施。

流经吉林省境内的松花江（亦称第二松花江），为吉林省工农业生产主要水源地，堪称本省经济大动脉，但是随着现代工业的兴起，特别是吉林市化工基地的兴建，松花江吉林江段开始受到严重污染，原来的鱼米之乡现已鱼虾绝迹。哈达湾至九站江段约 30 km，由于两岸工厂工业污水的排放，已演变成排污水道。作者所研究的江段（哨口—松花江段），长 138 km，处于九站下游，沿江地区属国家粮食生产基地，没有大的工业企业，不存在新的有毒物排放源。该江段既是有机物污染江段，又很适于研究有机物的变化及效应。作者以此为研究基地，经过二十余年努力，积累了丰硕的有关污染状况、有机物江中变化规律及毒效应的研究成果，这些成果为松花江有机物污染控制与治理，提供了重要的数据与依据，对我国类似的污染江河的治理有一定的参考价值，为水环境化学的理论研究提供可资借鉴的系统资料。

作者能够较长时间、坚持不懈地进行松花江有机毒物污染研究，主要是得到国家基金委、国家教委、吉林省科委、省环保局的重视与资助。特别是 1992 年 6 月至 1996 年 10 月参加了国家自然科学基金重大项目“典型化学污染物在环境中变化与生态效应”中两个子课题“硝基芳烃在水环境中变化与生态效应”及“松花江中重点有机物的生态毒理学研究”。在本书即将出版之际，谨向上述各单位及有关领导致以衷心的感谢。

序

作者 1998 年年初出版了论文集《松花江中有机物的变化及毒性》，仅印出少量，除赠送有关单位、个人外，用于硕士研究生参考教材，流传中受到一些读者好评。2005 年 11 月吉林市中石油吉化公司双苯厂发生爆炸事故，造成松花江中有机毒物污染。在江水有机毒物污染取得有效控制后，国家投巨资组织科研人员，开展松花江水污染事件生态环境影响评价与对策等项目，在此背景下，省内环境保护单位，个人向本人索购论文集。

据此，本人为所著《论文集》重新进行了增补，改写为这本专著。由于本人水平所限，书中必然会有一些错误与不当之处，希读者指正。

郎佩珍
2007 年 12 月

目 录

第一篇 第二松花江中主要有机污染物在水体各部分的污染研究

- 第一章 第二松花江中游水中有机物污染研究 3
- 第二章 第二松花江中游沉积物中有机物污染研究 13
- 第三章 第二松花江中游鱼类有机物污染研究 19

第二篇 江中有机污染物迁移转化过程研究

- 第一章 江水中有机污染物挥发速率的预测 31
- 第二章 第二松花江中有机污染物在沉积物上的吸附过程 36
- 第三章 第二松花江中有机污染物的光分解过程 47
- 第四章 第二松花江中有机污染物的生物降解过程 53

第三篇 第二松花江中有机污染物迁移转化的综合模拟研究

- 第一章 第二松花江中游水中 23 种有机污染物的迁移转化研究
——应用野外实验池测定 67
- 第二章 第二松花江中游 20 种有机污染物迁移转化研究
——应用暴露分析模拟系统 (EXAMS) 模拟 78

第四篇 有机污染物在鱼体内的生物富集、消除与代谢研究

- 第一章 12 种有机物在鲤鱼体内富集与释放行为研究 89
- 第二章 鲤鱼对三种硝基芳族化合物的生物富集与释放 97
- 第三章 鲤鱼对硝基苯的生物积累、消除与代谢研究 103
- 第四章 鲤鱼对 2,6-二硝基甲苯的生物浓缩、消除与代谢研究 109
- 第五章 2,4-二硝基甲苯在鲤鱼体内的生物浓缩、消除与代谢研究 115
- 第六章 2,4-二硝基甲苯在鲤鱼体内的代谢研究 120

第五篇 硝基芳烃化合物对水生生物毒性及 QSAR 研究

- 第一章 硝基芳烃对发光菌毒性的 QSAR 研究 129

第二章	硝基芳族化合物对江水细菌的毒性及 QSAR 研究.....	135
第三章	硝基芳烃对斜生栅列藻的毒性及中毒症状	140
第四章	硝基芳烃对斜生栅列藻的毒性与结构相关性研究	145
第五章	苯的硝基衍生物对鲤鱼急性毒性及 QSAR 研究.....	148
第六章	部分硝基芳烃对鲤鱼的急性毒性及定量构效关系	153
第七章	硝基芳烃对黑呆头鱼毒性——定量构效关系研究	157
第八章	2,4-二硝基甲苯与共存化合物对发光菌的联合毒性.....	162
第九章	硝基芳烃对三种鱼的毒性及构效关系研究	165
第十章	取代苯甲酸在江水中的生物降解性及 QSBR 研究.....	171
第十一章	松花江中取代苯酚和苯胺类的生物降解性及 QSBR 研究.....	176

第六篇 水中有机污染物分析方法

第一章	应用高分子微球 GDX-502 吸附气相色谱法分析水中痕量有机污染物.....	185
第二章	水中痕量有机污染物的冰冻浓缩	193
第三章	鱼和蚌体中多种有机污染物的提取和净化方法	198
第四章	化工废水排污沟底泥中多种有机污染物的气相色谱分析	204

第一篇

第二松花江中主要有机污染物
在水体各部分的污染研究



第一章 第二松花江中游水中有机物污染研究

国内外江河水体中有机物污染研究工作^[1-6]多集中于调查分析鉴定有机污染物的种类、含量。由于鉴定有机物品种多、含量低,难于明确污染物来源。采样方法、工作量大也限制了对有机污染物来源、污染物在水体江段中浓度分布以及不同水文时期有机物污染状况比较等进行深入研究。

松花江中游位于吉林省中部,该流域是我国东北平原重要的商品粮食基地之一。哨口—松花江村段自吉林市下游 28 km 开始,全长 138 km。由于该段受纳集中于吉林化工区的工业废水,尤其是染料、石油炼制、造纸、制药等工业排放的有机废水,使其有机污染较为突出。据调查研究表明,已检出有机污染物 300 余种。在工作^[7]基础上,1983—1990 年,我们在平水期、丰水期、冰封期分别进行了 7 次多断面追踪水团现场采样,同时监测各主要入江污水口样品,采用以国产高分子微球 GDX-502 富集为主的前处理手段,气相色谱定性定量,GC-MS 验证。在检出的众多有机污染物中筛选出 65 种主要有毒有机污染物,并研究了这些污染物的主要来源、历年江段暴露浓度分布和冰封期与平水期浓度变化差异。这些均为进一步研究松花江中游有机污染的生态影响和评价提供了科学依据。

一、实验部分

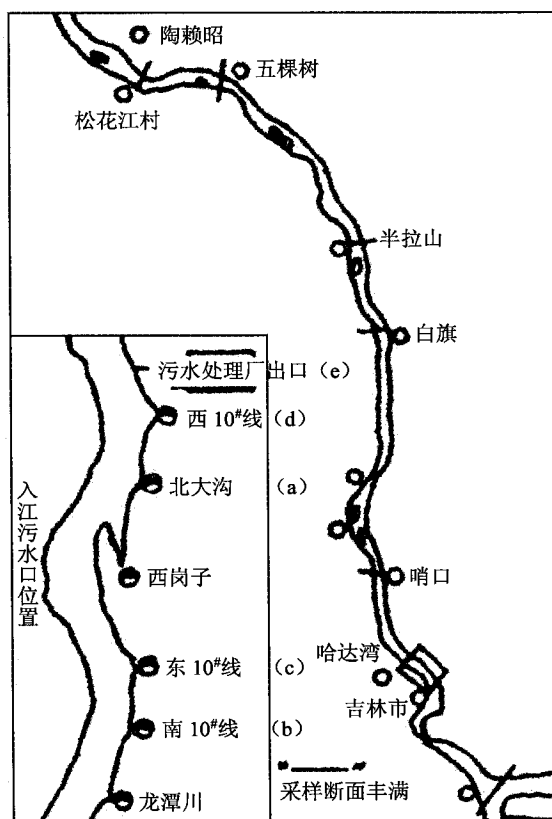
1. 主要仪器和试剂

GC-7AG 气相色谱仪,日本岛津公司,配 C-R3A 型数据处理系统;FID、ECD 检测器,SP-2250、SP-2401+SE,30.3 m 玻璃填充柱;OV-17、阿皮松-L、OV-101 毛细管柱。

2. 采样

采样断面(点)分布见图 1-1-1。松花江中游以下,江水流量一般情况下受丰满水坝放流控制。由于丰满电站承担东北电网高峰用电负荷的调节任务,使中下游水流量日变化幅度较大;加上化工企业排污量变化的随机性,使江水中有机物浓度及总量整体上变动较大。采取追踪水团,连续与瞬时结合采样方式,有利于采样的代表性及数据的可比性。7 次采样点分布和采样方式见表 1-1-1。

历年的 7 次采样中,1986 年 5 月、1987 年 6 月属丰水期,平均流量 400~600 m³/s;1983 年 10 月、1984 年 5 月、1984 年 10 月、1990 年 5 月属平水期,平均流量为 150~300 m³/s;1985 年 2 月属枯水期(冰封期),平均流量为 148 m³/s。



各断面距离：哨口—白旗，51.9 km；白旗—半拉山，22.6 km；
半拉山—五棵树，41.7 km；五棵树—松花江村，21.9 km

图 1-1-1 松花江中游简图

表 1-1-1 7 次采样点分布和采样方式

时间	1983 年 10 月	1984 年 5 月	1984 年 10 月	1985 年 2 月	1986 年 5 月	1987 年 6 月	1990 年 5 月
采样点分布	江水五断面 4 个污水口	江水五断面 4 个污水口	哨口、半拉山、松花江村	江水五断面	江水五断面 4 个污水口	哨口、半拉山、松花江村	江水五断面
采样方式	追踪水团左中右混合采样	追踪水团左中右混合采样	追踪水团连续采样	追踪水团左中右 5 次混合采样	追踪水团连续与瞬时结合采样	追踪水团瞬时采样	追踪水团瞬时采样

3. 样品处理和分析

(1) 样品处理：

连续采样处理在现场采用手动采水器，控制流速 50~100 ml/min，直接经过 GDX-502（干吸附剂 2 g）吸附柱，处理水样量 40~60 L，每一水样双柱，分别以苯（或石油醚）、二硫化碳（或乙醚）作为洗脱剂，经 K-D 浓缩后供 GC-FID、GC-ECD、GC-MS 测定用。主要有机物方法回收率：FID 75%~99%（除烷烃外），ECD 77%~

97%。瞬时采样时采取左中右江水样品，等体积混合后同连续采样方法处理。

排放口样品取自入江污水口（位置见图 1-1-1），水样量 5~10 L，经 GDX-502 吸附富集，同江水样品相同处理方法处理和测定。

（2）分析方法：

将经富集浓缩后的江水样品、污水口样品分别经 OV-17、OV-101、阿皮松-L 毛细管柱、SP-2250、SP-2401+SE-30 玻璃填充柱分离定性、定量，选取典型断面江水样、污水口水样经质谱定性分析验证。

二、结果与讨论

1. 江中主要有机污染物

筛选出 65 种主要有机污染物列于表 1-1-2。包括氯代链烃 5 种、氯苯类 9 种、硝基芳烃类 15 种、有机氯农药 6 种、苯系物 9 种、烷烃 9 种、邻苯二甲酸酯 2 种、苯甲酸酯类 2 种和其他有机物 8 种。各类化合物年度总浓度统计见表 1-1-3。1983—1990 年 65 种化合物平均检出率 50%，检出率 70% 以上的有 24 种，占化合物总数的 37%，检出率 50% 以上的有 37 种，占化合物总数的 57%。

（1）65 种主要有机污染物的总浓度的年度变化。统计计算主要有机污染物历年的总浓度（表 1-1-3），趋势为逐年降低，依次 1983 年（158.64 $\mu\text{g/L}$ ）>1990 年（89.99 $\mu\text{g/L}$ ）>1985 年（53.09 $\mu\text{g/L}$ ）>1984 年（43.62 $\mu\text{g/L}$ ）>1987 年（29.95 $\mu\text{g/L}$ ）>1986 年（17.29 $\mu\text{g/L}$ ）。由于 1986 年水流量是其他年份的 2~3 倍，致使总浓度较低；1990 年总浓度仅次于 1983 年（1983 年化工区污水处理设施没有完全建成），原因在于烷烃检出浓度高，占总浓度的 68%，如果扣除烷烃量，1990 年污染物总浓度与 1987 年相当。

统计主要污染源的污染物入江量，1983 年为 3 485.5 t/a，1984 年为 730.8 t/a，1986 年为 201.7 t/a，其中卤代烃、氯苯类、硝基芳烃类、苯系物分别下降 98.9%、92%、95.8% 和 67.6%，这决定了此类化合物江中浓度的逐年下降，也是江中污染物总浓度逐年降低的主要原因。

烷烃类化合物浓度增长逐年加快是另一个特点，分析其原因，与采样时期江段流域烷烃来源不仅在吉林市，也存在下游机船量增加、机井排灌用油等因素的影响有关。

（2）该江段主要有毒有机物的确认：与水质标准（基准）比较，个别年份（月份）江段中氯苯、苯甲酸甲酯、四氯乙烯、六氯乙烷、1,4-二氯苯、硝基甲苯、乙苯曾超标，其余未超标。

65 种主要污染物中属美国环保局优先污染物的 21 种，占 32%；属我国建议的优先控制污染物黑名单^[9]的 20 种，占 30.8%；属致癌性化合物 7 种，可疑致癌性 11 种，助癌、促癌性 3 种，致突变性化合物 8 种，不交叉计算，具三致性化合物为 21 种，占 32%。这些化合物主要是三氯乙烯、四氯乙烯、四氯乙烷、六氯乙烷、二氯苯、六氯苯、硝基苯、硝基甲苯、硝基氯苯、二硝基甲苯、有机氯农药、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、邻苯二甲酸酯、萘等。

（3）该江段主要有机污染物的来源：表 1-1-2 列出了 65 种有机污染物在吉林化工区主要入江排污口检出情况。5 个主要入江排污口总计检出率为 90.7%。各类有机物年度总浓度统计见表 1-1-3。表 1-1-4 列出了各污水口污水量，污染物种类和污染物检出率。

编号	化合物	江段中有机物污染平均浓度/ (μg/L)							平均值/ (μg/L)	最大浓度 (年份)	检出率/%	允许浓度 ^③ / (μg/L)	污染物 来源 ^④	EPA 优测 物 I~IV	我国黑 名单	三致 物 ^⑤
		1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1990年	1990年								
		0.10	0.42	0.031	0.10	—	0.097	0.125								
28	2,4-二硝基甲苯	—	—	0.046	0.0017	0.051	0.028	0.021	0.14(1990)	43.3	500	abce	—	—	B	
29	邻-二硝基苯	0.12	0.16	0.15	0.11	0.095	0.001	0.106	0.21(1983)	76.7	20	abce	II	√	AD	
30	α-六六六	0.083	0.069	0.40	0.19	0.084	0.046	0.138	0.86(1986)	76.7	—	abce	IV	√	AD	
31	γ-六六六	—	—	—	0.037	0.24	0.0081	0.048	0.28(1987)	26.7	—	abce	—	√	—	
32	β-六六六	0.097	—	—	0.026	0.11	0.001	0.039	0.16(1983)	50	—	abce	—	√	—	
33	δ-六六六	—	1.1	—	—	—	—	0.183	1.2(1984)	10	—	—	—	√	—	
34	DDE	—	3.1	—	—	—	—	0.52	4.6(1984)	10	100	—	—	√	—	
35	DDT	—	2.0	1.6	—	2.9	—	1.08	3.9(1984)	50	500	abce	IV	√	BD	
36	苯	5.8	3.3	2.8	4.0	1.2	0.42	2.92	24.4(1983)	100	500	abce	IV	√	B	
37	甲苯	10.4	0.85	—	1.7	1.2	2.5	2.78	22.7(1983)	80	10	abde	IV	√	B	
38	乙苯	2.2	0.74	—	0.13	—	0.34	0.57	4.6(1983)	53.3	50	abode	—	√	—	
39	对-二甲苯	7.3	1.1	0.54	0.12	—	3.0	2.01	40.2(1984)	66.7	50	abce	—	√	—	
40	邻-二甲苯	0.64	2.3	—	—	—	—	0.49	2.9(1990)	20	50	—	—	√	—	
41	间-二甲苯	—	0.56	0.69	0.52	—	0.71	0.41	1.5(1987)	43.3	20	abe	—	—	—	
42	1,3,5-三甲苯	0.69	0.48	0.30	0.11	2.7	1.07	0.89	3.7(1990)	63.3	—	abce	—	—	—	
43	1,2,4-三甲苯	—	—	—	0.19	—	0.73	0.15	2.6(1990)	16.7	—	ace	—	—	—	
44	联苯	—	0.23	—	—	—	8.7	1.50	26.8(1990)	10	—	ace	—	—	—	
45	壬烷	—	—	—	—	1.3	11.0	2.05	28.6(1990)	56.7	—	abce	—	—	B	
46	癸烷	—	—	—	—	0.10	0.19	1.40	38(1990)	53.3	—	abe	—	—	B	
47	十二烷	—	—	—	—	0.21	10.0	1.70	20(1990)	56.7	—	abce	—	—	C	
48	十四烷	—	—	—	—	0.23	13.3	2.44	29(1990)	76.7	—	abce	—	—	C	
49	十六烷	—	—	—	—	0.35	17.5	0.52	3.1(1990)	76.7	—	abce	—	—	—	
50	十七烷	—	—	—	—	0.34	21	0.47	3.6(1990)	76.7	—	abce	—	—	C	
51	十八烷	—	—	—	—	0.22	26	0.58	3.8(1990)	70	—	abce	—	—	C	
52	廿烷	—	—	—	—	0.86	3.5	0.73	8.4(1990)	56.7	—	abce	—	—	—	
53	廿一烷	—	—	—	—	0.26	1.3	0.26	2.4(1990)	33.3	1.0	abce	—	—	—	
54	苯甲酸甲酯	—	—	—	—	1.1	—	0.18	1.6(1986)	16.7	—	ac	—	—	—	
55	苯甲酸乙酯	—	—	—	—	0.22	1.5	0.76	5.5(1990)	23.3	—	abce	I	—	—	
56	邻苯二甲酸二乙酯	—	—	—	—	0.88	5.1	2.77	12(1990)	76.7	20	abce	I	√	D	
57	邻苯二甲酸二丁酯	—	1.8	2.4	1.6	5.7	5.1	2.77	12(1990)	76.7	20	abce	I	√	D	

编号	化合物	江段中有机物污染平均浓度/($\mu\text{g/L}$)					平均浓度/ ($\mu\text{g/L}$)	最大浓度 (年份)	检出率/%	允许浓度 ^② / ($\mu\text{g/L}$)	污染物 来源 ^③	EPA 优测 物 I~IV	我国黑 名单	三致 物 ^④
		1983年	1984年	1985年	1986年	1987年								
58	茚	—	—	2.5	0.17	—	0.67	8.3(1985)	23.3	—	abc	IV	—	D
59	萘	—	—	0.76	0.70	2.4	2.7	6.3(1990)	43.3	50	abce	I	—	B
60	β -甲基萘	—	—	1.8	0.21	0.32	0.78	2.2(1985)	40	—	abce	—	—	—
61	樟脑	—	—	—	1.3	—	2.6	7.4(1990)	16.7	—	abce	—	—	—
62	苯并噻唑	0.96	—	—	—	—	—	3.1(1983)	20	—	—	—	—	—
63	α -萘烯	—	—	0.18	—	—	—	0.43(1984)	10	—	—	—	—	—
64	2-辛醇	3.8	—	0.93	—	—	—	6.0(1983)	30	50	ac	—	—	—
65	2-乙基己醇	5.6	—	1.5	—	—	—	7.1(1983)	23.3	—	abd	—	—	—
	平均值	2.44	0.67	0.82	0.27	0.46	1.38	10.25	49.56	—	—	—	—	—

注: ① abcde 位置见图 1-1-1 所示。

② A—致癌; B—可疑致癌; C—助癌、促癌; D—一致突变, 见本章参考文献[10]、[11]。

表 1-1-3 各类有机物年度总浓度统计

编号	化合物类	江段各类有机物总浓度/($\mu\text{g/L}$)						
		1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1990年
1	氯代烃	16.4	3.2	14.05	0.4458	0.2882	—	0.2044
2	氯苯类	24.58	5.25	6.76	0.055	4.984	—	1.924
3	硝基芳烃类	79.97	17.2	15.91	1.79	2.505	—	3.38
4	有机氯农药	0.30	4.43	0.55	0.363	0.529	—	0.0138
5	苯系物	27.03	11.33	5.93	6.77	8.0	—	8.77
6	烷烃类	—	0.23	—	2.31	4.6	—	61.05
7	邻苯二甲酸酯	—	1.8	2.4	1.84	6.58	—	6.6
8	苯甲酸酯	—	—	—	1.36	—	—	1.3
9	其他	10.36	0.18	7.49	2.38	2.72	—	6.75
	总计	158.64	43.62	53.09	17.29	29.95	—	89.99
	总计(扣除烷烃)	158.64	43.39	53.09	14.98	25.35	—	28.94

表 1-1-4 化工区主要污水口污染物种类

污水口	多年平均污水量/(m ³ /h)	污染物种类	检出率/%
北大沟	1 650	各类污染物均检出	87.7
南 10 [#] 线	2 700	各类污染物均检出, 苯系物较多	80.0
东 10 [#] 线	7 000~10 000	各类污染物均检出, 硝基芳烃为主	84.6
西 10 [#] 线	15 000	硝基苯、硝基氯苯、苯系物、醇类	29.2
污水处理厂出口	4 000	各类污染物均检出, 浓度不高	80.0

2. 平水期与冰封期部分有机物浓度比较

表 1-1-5 列出了 1984 年 10 月(平水期)和 1985 年 2 月(冰封期)各断面 30 种有机污染物检出浓度。这 30 种化合物在江段中的检出率在 90%以上, 其中氯代链烃 3 种、硝基芳烃类 10 种、氯苯类 2 种、有机氯农药 2 种、苯系物 4 种、烷烃 7 种, 还有苯甲酸甲酯、邻苯二甲酸二丁酯。表 1-1-6 对照统计各类有机物断面总浓度。

两水文期, 流量比为 1:1.22, 相差不大, 但平水期江段中有机物总浓度降低 53.3%, 而冰封期仅降低 14.6%; 从化合物类别看, 氯代烃、氯苯类、硝基芳烃类、苯系物、烷烃类水中浓度差别较大, 冰封期有时出现下游江段化合物浓度明显高于上游江段的现象。这说明在冰封期长的河流中有机物污染出现季节性危害增强的结果。

3. 松花江中游有机污染特征

(1) 主要污染物以点源为主: 所筛选的 65 种有机污染物, 从化工区点源排污口检出率高达 90%以上, 可确认直接由生产岗位产生的污染物数(即为产品、中间体或副产物)占总数的 60%以上。

自吉化公司污水处理厂建成以来, 大部分有机工业废水得到治理排放, 大大减轻了对松花江的污染。从所测定的化合物总浓度历年变化来看, 可明显说明这一点。另一方面, 江水中石油烷烃、芳烃类化合物浓度不断增加, 这直接与化工区此类化合物生产、使用量增大有关。因此, 也与沿江生产、生活活动排放量增加有关。实施对江水有机污染的控制, 首要的是对污染源的治理。

(2) 各类污染物在江水中的暴露浓度: 江水中氯代链烃平均浓度范围在 0.005~4.8 μg/L, 与国内外江河相比并不高, 但六氯丁二烯、六氯乙烷等毒物在国内外江河中多数未检出。

氯苯类化合物江中浓度逐年下降, 但有波动。水中浓度范围 0.01~20 μg/L, 与国内外江河相比, 氯苯类污染品种多、浓度偏高, 特别是六氯苯一般江河中未检出, 长江江阴段^[3]检出浓度低于松花江。氯苯类化合物大多不经治理直排入江, 是排放量较大的一类污染物。

江中芳烃、石油烷烃也具有品种多、浓度高的特点, 这直接造成江中鱼体、沉积物、悬浮物^[12]中此类物质的高含量。从浓度上看, 近几年这两类污染物浓度占总浓度的 40%~70%, 而且有上升的趋势。

硝基芳烃类化合物品种多, 浓度高是该江段污染特征之一。江段中浓度范围 0.01~10 μg/L, 品种数及浓度与莱茵河荷兰段^[2](1981)相近, 1983—1985 年高于荷兰段, 1986 年、1987 年略低于荷兰段。这类化合物是吉化染料厂主要污染物之一, 经东 10[#]线、南 10[#]线、污水处理厂入江。近年来, 经过有效的管理和治理措施, 江中浓度有所降低。