

松辽流域重要水系 典型有毒有机物污染特征

何孟常 林春野 杨志峰 全向春 郭伟 等著

Pollution Characteristics of Typical Toxic Organic
Pollutants in the Main Water-system of Song-Liao Watershed



科学出版社

松辽流域重要水系 典型有毒有机物污染特征

**Pollution Characteristics of Typical Toxic Organic Pollutants
in the Main Water-system of Song-Liao Watershed**

何孟常 林春野 杨志峰 等 著
全向春 郭 伟

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

松辽流域是我国东北老工业基地。过去由于重工业比重过大、产业结构失调,以及粗放型经济增长方式等原因,导致严重的环境污染问题。本书提供大量实测数据和模拟实验结果,系统地分析松辽流域重要水系——松花江水系和大辽河水系典型河流,及辽东湾营口河口表层水、悬浮颗粒物和沉积物中有毒有机污染物的时空分布特征,研究沉积物不同有机组分对有机污染物的吸附特征,探讨河流沉积物中微生物群落分布与有机污染物之间的相互关系,并对松辽流域水体中有毒有机污染物的生态风险进行初步评价。

本书可供高等院校和科研院所从事流域有毒有机污染物研究的教学和研究人员阅读,也可供从事流域水环境监测与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

松辽流域重要水系典型有毒有机物污染特征 / 何孟常等著. —北京:科学出版社, 2015. 4

ISBN 978-7-03-044064-8

I. 松… II. 何… III. ①松花江-流域-有毒废物-有机污染物-研究
②辽河流域-有毒废物-有机污染物-研究 IV. X522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 072959 号

责任编辑: 李 敏 吕彩霞 / 责任校对: 朱光兰

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 无极书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 4 月第一次印刷 印张: 15 3/4

字数: 375 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

地球上的环境问题是人类社会片面追求经济发展的恶果，自从人类社会步入工业化社会以来，环境污染与日俱增，逐渐成为影响人类自身生存和发展的基本因素。种类繁多的有机污染物使环境不断恶化，有机污染也成为继重金属污染以来的又一大污染，目前在空气、水、土壤和食物链中发现的难降解有机化合物已经威胁着地球的生态环境和人类的生活健康。水环境作为地球环境的中转站，接纳和传递着各种来源的有机污染物。水体中的这些有机污染物通过大气沉降、废水排放、雨水淋溶与冲刷进入水体造成直接污染，经过一定的物理、化学、生物作用部分降解迁移转化，而其余部分及降解产物及生物残骸则沉积到沉积物中，在沉积物中逐渐富集，使沉积物受到严重污染并在一定条件下释放到水体中造成二次污染。当今千奇百怪的生物疾病和生理异常现象的出现被认为在很大程度上与环境严重的有机污染有关，这些有机污染物对生态环境及人类生存与发展已构成了极大威胁。因此，研究水环境中有机污染物的赋存状态和迁移转化规律具有重要的现实意义。

松辽流域是我国东北地区的主要水体，辽河与松花江是这一流域的两大江河，是东北地区的母亲河。中国重要的工业基地——东北老工业基地就位于该流域内。然而由于重工业比重过大、产业结构失调，以及粗放型经济增长方式等原因导致老工业基地普遍存在矿产资源枯竭、经济滞后和严重的环境污染问题。日益严重的污染已经使这两条母亲河变了颜色，也给东北地区可持续发展笼罩了一层阴影。随着东北工业的振兴，人民生活的日益提高，各种合成有机物的增加，水体污染的形势也将日趋严峻。

针对东北老工业基地突出的环境污染和生态环境问题，在科技部国家重点基础研究发展计划支持下，立项开展了“东北老工业基地环境污染形成机理与生态修复研究(2004CB418500)”。其中，课题2是关于松辽流域“重要水系典型污染形成过程及环境行为(2004CB418502)”的研究，该课题围绕项目总体目标，针对松花江、辽河两大污染水系，开展典型水体中Hg、Cd和石油烃等典型污染形成过程与环境行为，以及非点源等污染对水环境的影响研究。本书是该973课题(2004CB418502)成果的一部分，系统地报道了松辽流域重要水系——松花江水系和大辽河水系典型河流及辽东湾营口河口表层水、悬浮颗粒物和沉积物中有毒有机污染物的时空分布特征，研究了沉积物不同有机组分对多环芳烃的吸附特征、河流沉积物中微生物群落分布与有机污染物之间的相互关系，并对松

辽流域水体中有毒有机污染物的生态风险进行了分析。

参加该课题研究的老师和学生有何孟常、林春野、杨志峰、全向春、刘瑞民、郭伟、门彬、张景环、王浩正、谭丽、王赢、王育来、王文燕、汤茜等，全书由何孟常负责统稿。由于作者才疏学浅以及时间仓促，书中疏漏之处在所难免，恳请各位读者批评指正。

作 者

2014 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 松辽流域概况和水污染状况	1
1.2 采样站位和样品分析	6
第 2 章 松花江水系沉积物中有毒有机污染物分布特征	21
2.1 石油烃污染分布特征	21
2.2 有机氯污染物分布特征	32
2.3 硝基苯污染特征	35
第 3 章 大辽河水系有毒有机污染物分布特征	38
3.1 石油烃污染分布特征	38
3.2 有机氯污染物分布特征	72
3.3 硝基苯污染分布特征	74
第 4 章 辽东湾营口河口有毒有机污染物分布特征	81
4.1 多环芳烃污染分布特征	81
4.2 有机氯农药污染分布特征	85
4.3 多氯联苯污染分布特征	91
第 5 章 松辽流域有机污染物的埋藏特征和沉积记录	98
5.1 松花江水系石油烃埋藏特征	98
5.2 大辽河水系石油烃埋藏特征	103
5.3 辽东湾营口河口有机氯污染物的埋藏特征	114
5.4 辽东湾营口河口多环芳烃的污染沉积记录	119
第 6 章 松辽流域沉积物中多环芳烃(菲)的吸附、分配特征	128
6.1 松辽流域沉积物中黑炭对菲的吸附特征	128
6.2 中国典型水系沉积物中黑炭对菲的吸附特征	135
6.3 沉积物对菲的吸附非线性和吸附能力的预测模型	140
6.4 沉积物有机质的形成温度对菲吸附/解吸的影响	152
6.5 表面活性剂和溶解性有机质对菲在黑炭表面吸附/解吸的影响	160
6.6 大辽河营口河口多环芳烃的二次释放机理和特征	172
第 7 章 大辽河流域沉积物中微生物群落特征和多环芳烃的生物降解特性	188
7.1 辽河流域典型河段沉积物中微生物群落结构特征的 PLFA 解析	188
7.2 大辽河及其入海口沉积物中微生物群落特征 FISH 解析	198
7.3 大辽河水系典型河段沉积物对多环芳烃生物降解特性	204

第 8 章 松辽流域典型河流中有毒有机污染物风险分析	211
8.1 污染水平	211
8.2 污染来源	217
8.3 生态风险评价	231
参考文献	234

第 1 章 绪 论

1.1 松辽流域概况和水污染状况

1.1.1 松辽流域概况

松辽流域泛指东北地区，行政区划包括辽宁、吉林、黑龙江三省和内蒙古自治区东部的四盟（市）及河北省承德市的一部分。松辽流域总面积为 123.80 万 km^2 。西、北、东三面环山，南部濒临渤海和黄海，中、南部形成宽阔的辽河平原、松嫩平原，东北部为三江平原。松辽流域主要河流有辽河、松花江、黑龙江、乌苏里江、绥芬河、图们江、鸭绿江以及独流入海河流等（图 1-1）。松辽流域处于北纬高空盛行西风带，具有较多的西风带天气和气候特色，东北地区有明显的大陆性气候特点，为温带大陆性季风气候区。冬季严寒漫长，夏季温湿而多雨，部分地区属寒温带气候。

作为国家工业化基地的东北地区，以其能源、原材料、机械装备、化工、森工和军工等门类齐全的工业体系，在我国工业发展史上曾写下无数辉煌。自 20 世纪 50 年代国家将 156 个重点建设工程的 54 项建在东北三省开始，东北现代工业发展进入了一个新的历史时期。经过 30 多年的发展建设，东北区域经济已在全国处于重要地位，成为国家区域经济发展的重要增长极和发达的经济地区，工农业生产特别是工业生产在全国处于领先地位。

1) 松花江流域概况

松花江流域位于 $119^{\circ}52'E \sim 132^{\circ}31'E$ ， $41^{\circ}42'N \sim 51^{\circ}48'N$ ，东西长 2309km，南北宽 1070km，流域面积为 55.68 万 km^2 。松花江流域西部为大兴安岭，海拔高程为 700 ~ 1700m；北部为小兴安岭，海拔高程为 1000 ~ 2000m；东部和东南部为完达山山脉和长白山山脉，海拔高程为 200 ~ 2700m；西南部的丘陵区地带是松花江与辽河两流域的分水岭，海拔高程为 140 ~ 250m；中部是松嫩平原，海拔高程为 50 ~ 200m，是该流域的主要农业区。流域内山区面积为 23.79 万 km^2 ，占流域面积的 42.7%；丘陵面积为 16.2 万 km^2 ，占流域面积的 29.1%；平原面积为 15.23 万 km^2 ，占流域面积的 27.4%；其他面积占流域面积的 0.8%。松花江水资源总量为 734.70 亿 m^3 ，河川径流总量为 725.80 亿 m^3 。人均地表水资源量为 1568 m^3 ，为全国人均地表水资源量的 7/10，流域内农田地表水资源量为 6495 m^3/hm^2 ，为全国的 25%。

松花江有南北两源，南源第二松花江发源于吉林省长白山天池，北源嫩江发源于大兴安岭伊勒呼里山中段南侧，两源于三岔河附近汇合向东而流始称松花江。松花江流经黑龙江、吉林两省和内蒙古自治区，在同江县附近汇入黑龙江，从嫩江源头计算，松花江总长 2308km。北源嫩江是比较大的河流。它发源于大兴安岭伊勒呼里山，自北向南流至三岔

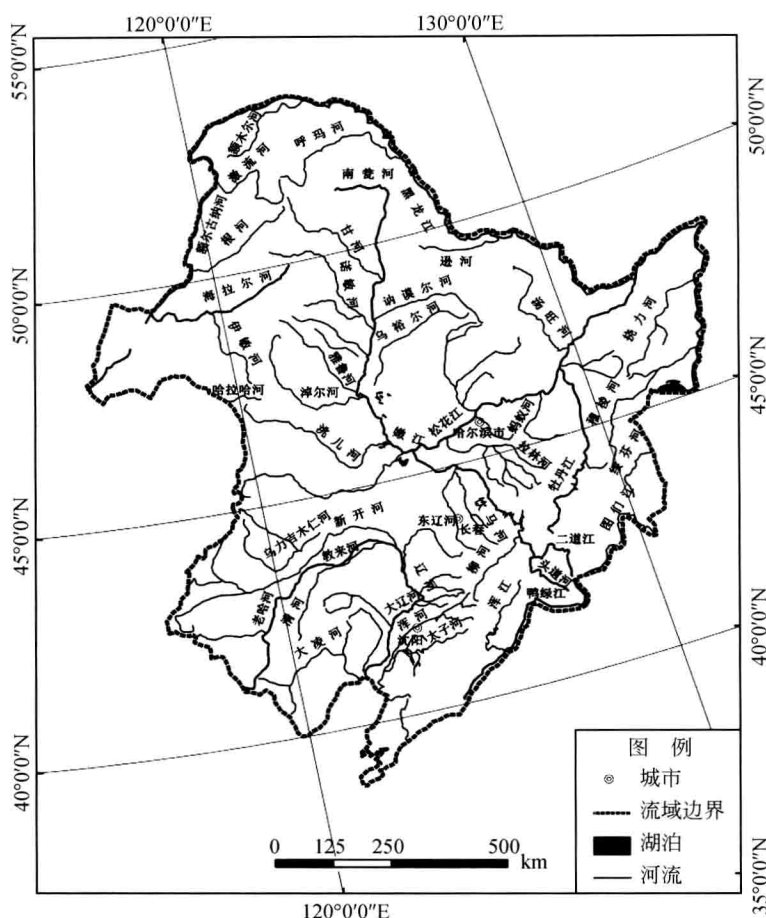


图 1-1 松辽流域水系图

河, 全长 1379km, 流域面积为 29.70 万 km^2 , 占松花江总流域面积的 51.9%; 流量占松花江干流的 31%。嫩江接纳了许多发源于大小兴安岭的支流, 主要有甘河、诺敏河、雅鲁河、绰尔河、洮儿河、科洛河、讷漠尔河、乌裕尔河等, 流域内包括内蒙古自治区的呼伦贝尔盟、兴安盟, 黑龙江省的大兴安岭、黑河、嫩江、绥化等地区和齐齐哈尔市以及吉林省的白城地区。南源第二松花江是松花江的正源, 它发源于长白山的白头山, 全长 795km, 流域面积为 78 180 km^2 , 占松花江流域总面积的 14.30%。它供给松花江 39% 的水量。流域在行政区划上分属吉林省延边、通化、吉林、四平、长春、白城 6 个地区, 包括 2 个市和 22 个县, 是吉林省人口集中、工农业较发达, 交通方便的地区。第二松花江为东北地区的主要河流之一, 较大的支流有辉发河、饮马河等, 流域面积为 7.34 万 km^2 , 河流总长为 958km。松花江干流是指嫩江和第二松花江在三岔河汇合后, 折向东流至同江镇河口这段河道。松花江干流全长 939km, 从大赉水文站进入黑龙江省, 它将流过哈尔滨、佳木斯等大城市, 沿途还有肇源、双城、肇东、呼兰、巴彦、木兰、通河、依兰、汤原、桦川、绥滨、富锦等市(县、区), 在同江附近注入黑龙江。松花江干流右岸有拉林河、蚂

蚂蚁河、牡丹江、倭肯河等主要支流注入。左岸汇入的支流有呼兰河、汤旺河、梧桐河、都鲁河等（图 1-2）。

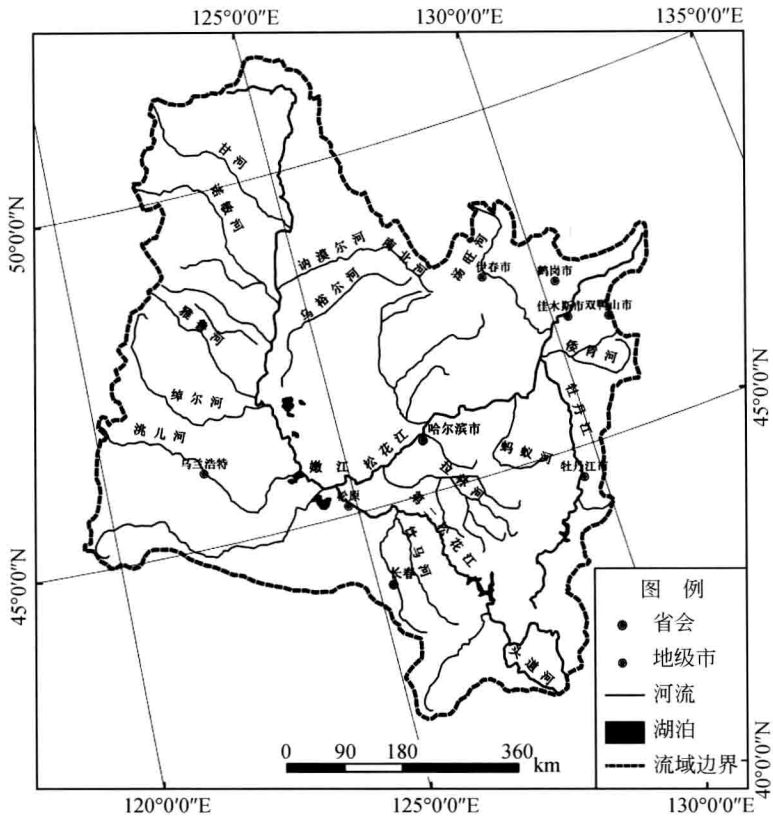


图 1-2 松花江流域图

松花江流域属北温带季风气候区，大陆性气候特点明显。春季干旱多风；夏季受太平洋高压控制，盛行的东南风沿地形抬高促成凝水和热带海洋气团与极地大陆气团相遇形成锋面降水，高温多雨，人们叫 7、8、9 三个月为“水季”；秋季晴冷，温差大；冬季受内蒙古高压控制，多刮西北风，严寒漫长，最冷地区冰雪覆盖多达 210 天。松花江干流年平均气温 2~4℃，无霜期 110~140 天，年平均降雨 500~700 mm，水面蒸发 600~800 mm，水面封冻期 11 月初~4 月初，冻土深 1.50~2.50 m。松花江流域河川径流主要由降水形成，径流的地区分布不均匀。高值区多年平均径流深 200~500mm，长白山脉天池附近高达 600 mm。径流低值区多年平均径流深小于 150 mm，嫩江中下游平原地区年径流深小于 25 mm。径流年际变化大，并存在明显的丰、枯变化周期。

松花江流域土地资源十分丰富，可耕地面积为 1700 万 hm²，养育着 6500 万人口。松嫩平原和三江平原，是我国的著名大粮仓和重要商品粮基地。流域水力资源丰富，已建成的白山、红石、丰满、莲花 4 座较大的水电站，人称松花江大地上的 4 颗明星。由于历史原因，松花江上游建有大型的石化企业——吉林石化集团，大量的有毒有机物长期污染着

松花江的水环境。在第二松花江的松源市和松花江的肇源段分布有许多水上采油工业，同时受大庆和牡丹江工业污染的支流也威胁着松花江的水质。

2) 辽河流域概况

辽河流域位于我国东北地区西南部，地处 $40^{\circ}31'N \sim 45^{\circ}17'N$ ， $116^{\circ}54'E \sim 125^{\circ}32'E$ 。流域东西宽，南北窄。该流域东以长白山脉与第二松花江两流域分界；西接大兴安岭之南端，与内蒙古内诸河相邻；南以七老图、凌源山脉与滦河、大小凌河流域毗连；北以松辽分水岭和松花江流域相接。全流域面积为 21.96 万 km^2 。其中山区占 48.2%，丘陵区占 21.5%，平原洼地占 24.3%，沙丘占 6%。水资源总量为 235.11 亿 m^3 ，人均地表水资源量为 535 m^3 ，仅为全国人均地表水资源量的 20%，流域内农田地表水资源量为 220 $\text{m}^3/\text{亩}$ ^①，仅为全国的 12%。从总体上看，辽河流域属于水资源贫乏地区。

辽河流域由辽河和大辽河两大水系组成。辽河是我国七大江河之一，发源于河北省承德地区七老图山脉的光头山（海拔 1490 m），流经河北、内蒙古、吉林、辽宁四省（自治区），在辽宁省盘锦市入渤海，全长 1345 km。辽河源头在老哈河上，老哈河由西南向东北流，在西安村水文站上游与左侧支流西拉木伦河汇合后，称西辽河，西辽河由西向东流至科尔沁左翼中旗白音他拉纳右侧支流教来河继续东流，在小瓦房汇入北来的乌力吉木伦河后折向东南，流至福德店水文站上游汇入左侧支流东辽河后始称辽河。辽河干流继续南流，分别纳入左侧支流招苏台河、清河、柴河、泛河和右侧的秀水河、养息牧河、柳河等支流后，曾在六间房水文站附近分成两股，一股西行称双台子河，在盘山纳绕阳河后入渤海；另一股南行，称外辽河，在三岔河水文站与浑河、太子河汇合后称大辽河，于营口入渤海。自 1958 年外辽河于六间房截断后，浑、太两河汇成大辽河成为独立水系（图 1-3）。

辽河流域地处温带、寒温带大陆性季风气候区，冬季寒冷而漫长，夏季炎热多雨，春季干燥多风。年内温差较大，多年平均气温由南北递减，降水量自西北向东南递增，多年降水量为 350 ~ 1200 mm；降水量年际变化较大，年内分配的差异也较明显，主要集中在 6 ~ 9 月，约占全年降水量的 80%。辽河流域蒸发量自东南向西北递增，多年平均蒸发量为 1100 ~ 2500 mm。蒸发量最大为 5 月，为 240 ~ 390 mm；最小为 1 月，为 15 ~ 45 mm。辽河流域年径流特征与年平均降水量的分布是一致的，也是从东南向西北递减。径流量的分布年际变化很大，丰枯水期年径流量相差悬殊，可达 7 倍左右。而且年内变化也很大，7、8 两个月的径流量占年径流量的 60%，最小为 1 月，只占年径流量的 0.1%。流域内年平均地表径流量为 150 亿 m^3 。辽河流域各河流含沙量不同，东部河流含沙量小，西部河流含沙量大。

辽河流域是我国重要的钢铁、机械、建材、化工基地，粮食生产基地和畜牧业基地。辽河中、下游地区是东北乃至全国工业经济最发达的地区之一，有以沈阳为中心的包括本溪、辽阳、鞍山、营口、铁岭和盘锦的中部城市群。其中，本溪、鞍山是重要的冶金城市，辽阳和盘锦是重要的化工和石油城市，抚顺和沈阳是煤炭、能源和机械工业城市，铁岭则是新兴的能源基地，具有人口集中、工业发达、能源消耗大的特点。

^① 1 亩 $\approx 666.7 \text{m}^2$ 。

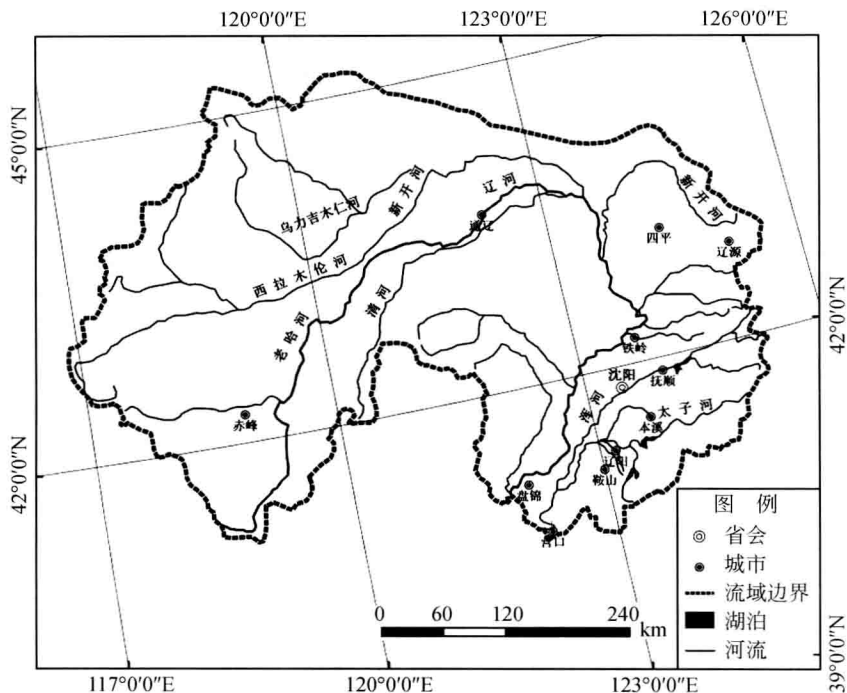


图 1-3 辽河流域图

1.1.2 松辽流域水污染状况

1) 松花江流域水污染状况

根据环境保护部公布的松花江水系水质状况表明：2005 年，松花江水系属轻度污染，42 个地表水国控监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 24%、57% 和 19%，主要污染指标为高锰酸盐指数、石油类和氨氮。松花江国控省界断面水质一般。Ⅰ～Ⅲ类水质占 34%，Ⅳ类占 66%，无Ⅴ类和劣Ⅴ类水质断面。此外，长期的老旧工业也使得松花江的重金属污染相当严重，对沿岸的生态构成极大的威胁。松花江河流污径比较高，部分河流污径比已经超过 70%。城市江段污染较重，其中松花江干流的吉林市下游江段、牡丹江敦化段、伊通河的长春市下游江段、辉发河的污染尤为严重。松花江流域特别是中下游地区分布有化工、冶金、机械、造纸、食品加工的大中型企业，落后的工艺结构使其排污负荷占总污染负荷的 70% 以上。经过“十一五”重点流域水污染防治规划的实施，松花江水系水质状况有所好转。2010 年，松花江水系水质总体为轻度污染。42 个国控监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 47.6%、35.7%、4.8% 和 11.9%，主要污染指标为高锰酸盐指数、氨氮和五日生化需氧量。松花江干流总体为轻度污染，主要污染指标为高锰酸盐指数、氨氮和石油类。与 2009 年相比，水质无明显变化。松花江支流总体为中度污染，主要污染指标为高锰酸盐指数、五日生化需氧量和氨氮。

松花江由于地理位置决定了其环境污染特征与国内其他流域有所不同。松花江水质具有冰封期污染加重和点源污染突出的污染特征，在冰封期水质中的有机污染物主要是石油化工等企业排放的多环芳烃、硝基化合物、酚类、氯苯类等有机污染物。

2) 辽河流域水污染状况

根据环境保护部公布的 2005 年全国水环境质量状况表明：辽河水系属重度污染，37 个地表水国控监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ～Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 30%、30% 和 40%，主要污染指标为氨氮、石油类和高锰酸盐指数。辽河干流属重度污染，与 2004 年基本持平。辽河支流为重度污染，与 2004 年相比，水质有所下降。东辽河、老哈河、西拉木伦河属轻度污染；西辽河为中度污染；条子河和招苏台河为重度污染。辽河水系国控省界断面水质较差。经过“十一五”重点流域水污染防治规划的实施，辽河水系水质状况也有所好转。2010 年，辽河水系总体为中度污染。37 个国控监测断面中，Ⅰ～Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 40.5%、16.3%、18.9% 和 24.3%，主要污染指标为氨氮、高锰酸盐指数和石油类。辽河干流总体为轻度污染，主要污染指标为五日生化需氧量、石油类和氨氮。老哈河水质为优，东辽河水质良好，西辽河和辽河为中度污染。

1.2 采样站位和样品分析

1.2.1 采样站位

1) 松花江水系

作者分别于 2005 年 8 月（丰水期）和 2005 年 12 月（枯水期）对松花江水系进行了系统采样分析。2005 年 8 月（丰水期）采集的样品包括南源松花江和松花江表层沉积物样品，2005 年 12 月（冰封期）采集的样品包括表层沉积物、靠近河岸的周期性暴露沉积物，采样区域位于黑龙江省和吉林省境内。采样点位置如图 1-4 所示，采样站位见表 1-1。丰水期流量大，降雨量丰富，污染输入途径复杂，采样点靠近河岸；冰封期河面结冻气温在零下 10～30℃，污染以点源输入为主，样品容易保存，采样点靠近河中心。在冰封期由于苯泄漏事故，上游水库大量放水，河流水体动力条件也很复杂。从表 1-1 中可以看出松花江上游的吉林段有机碳含量高于哈尔滨—佳木斯段，由于采样点的不同，黏粒含量具有很大的差异性，总体黏粒含量较高，有利于污染物质的赋存。S6 站点位于第二松花江上游，受上游吉林石化污染影响，总有机碳（TOC）和阳离子交换量（CEC）在上层和底层较高。S9 站点位于嫩江下游汇入松花江干流处，受上游大庆油田污染影响。TOC 底层较高，CEC 上层中部较高。

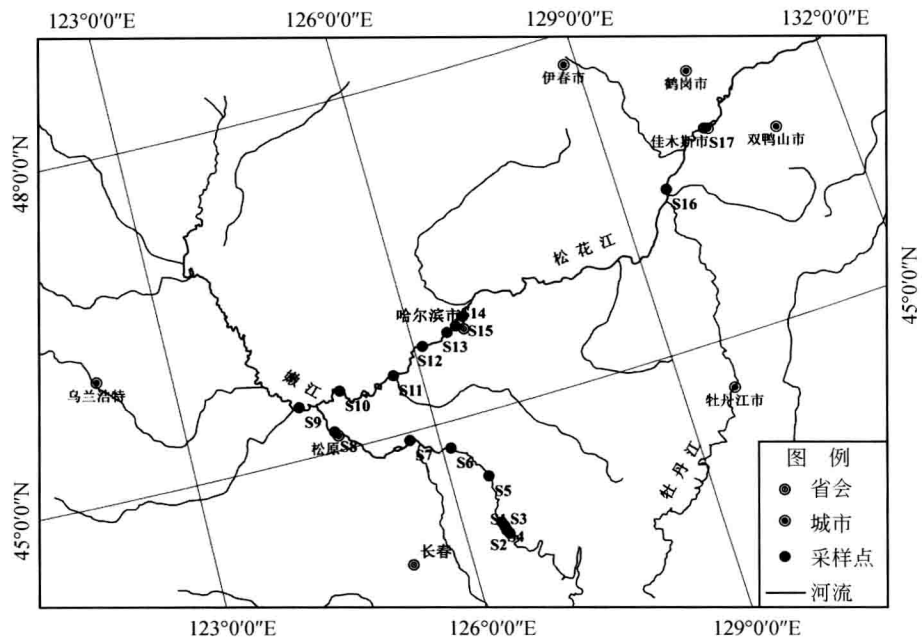


图 1-4 松花江采样站点图

表 1-1 松花江水系采样点特征 (单位:%)

站点	名称	采样类型	TOC		LOI		Silt-clay	
			8 月	12 月	8 月	12 月	8 月	12 月
S1	哈达湾	S	2. 31	0. 66	2. 42	1. 88	53. 76	6. 42
S2	七家子	S	NC	2. 96	NC	3. 38	NC	18. 90
S3	九站	S	NC	3. 71	NC	6. 81	NC	27. 96
S4	哨口	S	1. 38	1. 30	1. 55	5. 15	27. 96	31. 14
S5	白旗	S	1. 41	0. 16	4. 07	0. 61	29. 50	3. 24
S5s		PES	NC	1. 10	NC	2. 73	NC	16. 63
S6	五棵树	S	0. 75	1. 10	3. 03	2. 45	39. 18	28. 37
S7	五家站	S	0. 48	NC	2. 80	NC	37. 10	NC
S8	松源大桥	S	0. 81	0. 16	1. 34	1. 25	38. 23	17. 15
S8s		PES	NC	0. 82	NC	1. 32	NC	21. 43
S9	塔虎城	S	0. 09	NC	1. 78	NC	56. 31	NC
S10	肇源	S	0. 08	0. 16	1. 30	0. 87	24. 68	32. 97
S10s		PES	NC	1. 65	NC	2. 61	NC	24. 94
S11	三站	S	NC	0. 31	NC	2. 52	NC	3. 65
S12	白旗	S	NC	0. 19	NC	1. 11	NC	27. 29
S12s		PES	NC	0. 77	NC	4. 73	NC	25. 68

续表

站点	名称	采样类型	TOC		LOI		Silt-clay	
			8 月	12 月	8 月	12 月	8 月	12 月
SI3	松花江大桥	S	0.09	0.16	0.74	1.61	53.06	10.41
SI4	滨洲大桥	S	0.10	NC	0.98	NC	48.87	NC
SI5	四方台大桥	S	NC	0.18	NC	0.81	NC	31.06
SI5s		PES	NC	0.95	NC	2.49	NC	24.95
SI6	依兰	S	NC	0.46	NC	1.59	NC	5.23
SI6s		PES	NC	2.27	NC	2.62	NC	18.72
SI7	佳木斯大桥	S	NC	0.33	NC	1.57	NC	4.66
SI7s		PES	NC	1.24	NC	5.52	NC	15.16

注：NC 为未采集；S 为沉积物；PES 为周期性暴露沉积物；TOC 为总有机碳；LOI 为燃烧损失值；Silt-clay 为黏粒

2) 大辽河水系

作者分别于 2005 年 8 月（丰水期）和 2006 年 6 月（枯水期）对大辽河水系进行了系统采样分析。采样区域站点如图 1-5 所示。各干流采样地点包括：浑河的北杂木（H01）、古楼河西（H02）、东陵大桥（H1）、长青桥（H2）、浑河大闸（H3）、王刚大桥（H4）、黄腊坨大桥（H5）、北道沟浑河桥（H5-1）和对坨子大桥（H6）；太子河的三家子桥（T1）、大峪威宁大桥（T2）、本溪兴安（T3）、辽阳曙光镇鹅眉村（T4）、下王家（T5）、北沙桥（T6）和唐马桥（T7）；大辽河的三岔河大桥（D1）、田庄台大桥（D2）、营口政府（D2-1）和营口渡口（D3）。具体支流采样地点包括：浑河的抚顺石油二厂排污废水渠（B1）、沈阳细河污水（B2）和辽中市污水河蒲河下游（B3）；太子河的本溪钢铁废水排污渠（B4）、弓长岭铁矿和水泥工业污染的污水河汤河下游（B5）、庆阳化工排污渠（B6）、灯塔市污水污染的北沙河下游（B7）和鞍山市污水污染的沙河下游（B8）；大辽河的台安市污染的外辽河下游（B9）。

2005 年 8 月，对辽河水系的 3 条主要干流进行水、悬浮物、表层和柱状沉积物样品的采集，其中水样和悬浮物样各 16 个，表层沉积物样 12 个。采样站位特征情况见表 1-2，采样站点丰水期对样品相关的理化性质测定，包括 TOC、总碳（TC）、悬浮物含量、CEC、含水率、pH 和黏粒含量；2006 年 6 月，采集水系水样和悬浮物样各 29 个，沉积物样 28 个表层沉积物和 4 个柱状沉积物，10 个孔隙水样，采样站位特征情况见表 1-3，枯水期对样品相关的理化性质测定，包括 TOC、悬浮物含量、pH 及黏土、粉砂和沙粒含量；整个采样过程采样站位用全球定位系统（GPS）确定，理化性质根据采样条件和样品特征来确定测定种类。丰水期正值水系洪水泛滥，水流量大，降雨量丰富，污染输入途径复杂，水动力条件复杂，采样点靠近河岸；枯水期河水流量明显下降，湿沉降几乎为零，污染以点源输入为主，采样点靠近河中心。

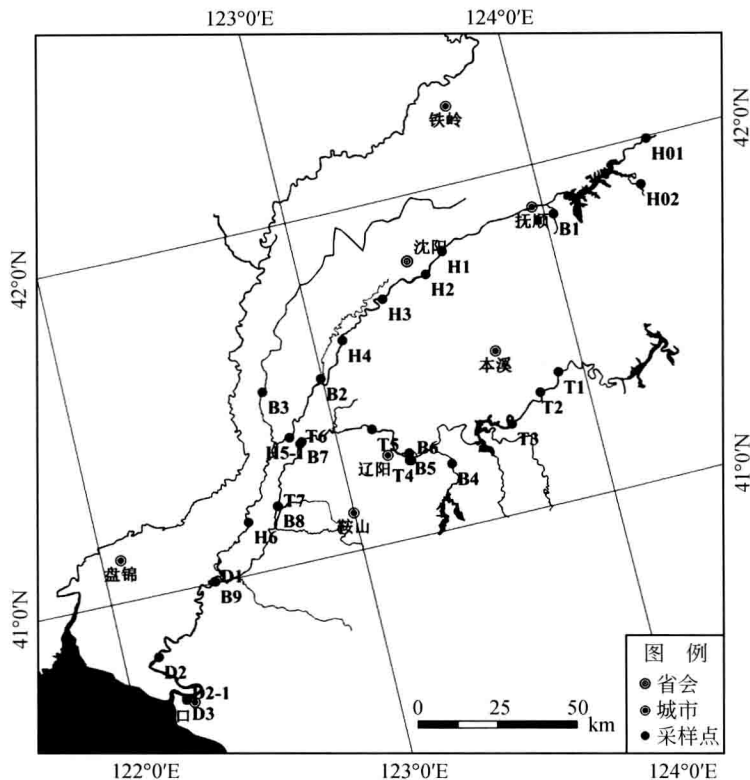


图 1-5 大辽河水系采样站位图

表 1-2 丰水期大辽河水系水、沉积物理化性质

站点	经纬度	水					沉积物			
		pH	Eh/mV	TOC/ (mg/L)	TC/ (mg/L)	悬浮物 含量/ (mg/L)	TOC/%	含水 率/%	黏粒含 量/%	CEC/ (cmol/kg)
H1	41°48.674'N, 123°34.485'E	7.36	464	18.33	54.4	155	0.88	27.05	30.25	7.22
H2	41°45.368'N, 123°29.442'E	7.38	463	15.43	35.95	810	0.68	22.92	32.05	8.15
H3	41°42.822'N, 123°18.211'E	7.41	271	15.84	37.77	463	NC	NC	NC	NC
H4	41°37.268'N, 123°06.757'E	7.63	496.60	18.51	45.55	128	1.16	20.53	33.41	0.105

续表

站点	经纬度	水					沉积物			
		pH	Eh/mV	TOC/ (mg/L)	TC/ (mg/L)	悬浮物 含量/ (mg/L)	TOC/%	含水 率/%	黏粒含 量/%	CEC/ (cmol/kg)
H5	41°29.650'N, 122°57.399'E	7.30	530.10	66.20	113.61	250	0.15	24.23	48.67	0.95
H6	41°09.376'N, 122°35.517'E	7.41	481.80	36.09	69.49	308	0.69	20.05	39.43	1.04
T1	41°22.963'N, 123°54.121'E	7.53	517.70	22.48	48.75	8	2.60	46.30	24.97	31.82
T2	41°20.224'N, 123°48.891'E	7.63	518.90	14.82	44.52	11.70	0.41	21.70	27.88	1.06
T3	41°15.931'N, 123°40.709'E	7.45	516.50	27.31	58.24	20	NC	NC	NC	NC
T4	41°13.803'N, 123°15.446'E	7.61	523.90	14.55	45.20	145	0.88	32.88	30.96	2.12
T5	41°20.710'N, 123°08.584'E	7.53	524	48.17	108.30	285	0.70	36.42	29.53	2.19
T6	41°21.089'N, 122°51.516'E	7.53	514	62.74	126.46	547	NC	NC	NC	NC
T7	41°11.028'N, 122°43.135'E	7.79	432.20	17.55	52.73	388	NC	NC	NC	NC
D1	41°00.205'N, 122°24.856'E	7.73	492.90	36.29	82.26	588	2.56	45.43	34.87	16.30
D2	40°49.227'N, 122°08.146'E	7.63	387.60	39.84	88.60	95	0.41	16.53	42.22	2.55
D3	40°40.950'N, 122°12.267'E	7.45	381.40	17.77	51.81	65	0.86	35.75	82.01	16.70

注：NC 表示该站位没有采集样品，下同