

# 产业密集型城市水环境安全监管问题与建议

## ——以苏州为例

杜鹏飞\*、何苗、吴静、郑钰、赵冬泉

(清华大学环境科学与工程系, 北京, 100084)

### 前言

苏州市是江苏省经济核心地区,也是全国经济发达地区。高强度的社会与产业活动,产生大量的污废水,对水环境安全造成巨大的压力。区域内众多的高风险企业是当地水环境安全的重大隐患,区域内水环境中也存在潜在的有毒有害污染物,事故排放和人为的偷排都可能对当地的水环境安全造成严重的危害,需要有效的监测和监控技术对其实现管理,保障区域内的水环境安全。

同时,苏州市及其周边地区河网水系相互连通,水流方向多变,流域边界和控制线不清,造成了上下游之间互相影响、互相制约的复杂关系。这些因素综合导致了苏州市河道水质恶化、湖泊富营养化,严重影响人民群众的健康、生产和生活。因此,苏州市的水环境监管必须跨越行政区边界,在区域尺度上开展总体规划和研究,构建城市水环境安全监测与监管体系。

### 一、研究区概述

苏州市西临太湖;西北与无锡市交界;东北临长江并有很长的河岸线;东接上海市;南部与浙江省的嘉兴市和湖州市交界。苏州市国土总面积 8488.42km<sup>2</sup>,其中市区面积 1650km<sup>2</sup>,包括平江、沧浪、金阊、吴中、相城 5 个城区和苏州工业园区、苏州高新区(虎丘区)等 2 个开发区;代管张家港、常熟、太仓、昆山、吴江等 5 个县级市。

苏州市河网密布、水系纵横,全市水域面积约 3609 平方公里,占总面积的 42.52%。主要水体包括 5 个湖泊(太湖、阳澄湖、独墅湖、尚湖、金鸡湖);26 条重点河流;12 处集中式饮用水水源地;市区主要河流包括京杭运河市区段和内外城河(如图 1)。总体来说,苏州市水系发达、河流湖泊众多,构成平原河网;水系与周边省市级行政区域互有往来,关系密切。且由于河网水系相互关联,流向多变,流域边界和控制断面不清,水体中的污染物既受到上下游关系的影响,又受到相互影响和自我影响,形成了一种非常复杂的关系。再加上整个环太湖地区由于工农业快速发展而导致的地区河道水质恶化、湖泊富营养化严重、太湖蓝藻水华大规模集中暴发等情况,给人民群众的健康、生产和生活带来了很大影响。这使得苏州市的水环境安全风险较高。

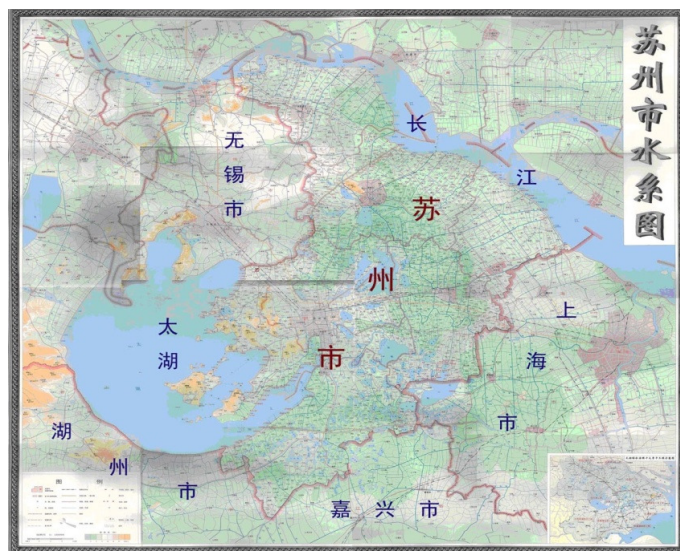


图1 苏州市水系图

## 二、水环境安全监管现状分析

### (一)水系及水环境监测现状分析

苏州市的环境监测工作由市环境监测中心站负责，它具有环境监督管理和执法职能，是国家环境监测网络站。从水环境监管现状来看，目前纳入监管的监测断面主要有：

国控断面 4 个(每月一次，24 项常规指标，加测电导率、水位、流量及流向)；

省控断面 7 个(单月测定，24 项常规指标，加测电导率、水位、流量及流向)；

市控断面 21 个(单月测定，24 项常规指标，加测电导率、水位、流量及流向)。

饮用水源地金墅港和渔洋山。每月一次，64 项指标，加测透明度、Chla、SS。每年两次全分析(增加 84 个特定项目)。

省控湖泊 7 个。两月一次，24 项常规指标，加测水位、透明度、Chla、SS。

市控湖泊 20 个。2-6 次/年。24 项常规指标，加测水位、透明度、Chla、SS。

全市建有 71 个水质自动监测站，每 4 个小时出一个数据；指标：5 参数；CODMn；NH4-N；TP；挥发酚；TN；TOC；湖库站增加 Chla。

太湖巡视监测。每年 4-10 月，隔日采样。苏州市巡航路线及负责区域：东部沿岸区—湖心区—杭嘉湖区。

### (二)水环境污染源监察现状分析

苏州市对主要的污水处理设施和工业污染源采取每季度一次的监督性监测。监督性监测项目为污染源执行的废水排放标准中涉及到的指标。污染源执行行业或地方排放标准的，监测项目按照行业或地方排放标准以及该企业环评报告书规定的项目确定；执行综合排放标准的，按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)和该企业环评报告书要求的监测项目确定。城镇污水处理厂的监测项目按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的要求确定。监督性监测以常规项目为主，对某些行业可能产生的风险污染物监测力度不够。

目前苏州全市范围联网监控的污水排放企业 539 家，安装 COD 在线监测仪 404 套、流量计 487 套、氨氮在线仪 33 套等。苏州市对企业安装的已通过环保部门验

收的污染源自动监测设备，在监督性监测同时开展比对监测。在线监测可以对污染源进行实时监督，但其指针有限，系统不稳定，数据可靠性低。

### **(三)苏州与周边区域水系关联关系及监管重点分析**

苏州市域水系均属于长江流域，其中太湖是中国第二大淡水湖泊，也是长江中下游地区重要的调蓄水体，和长江存在天然的相互补给关系。苏州市水环境安全的关键环节包括：

1. 望虞河引长江济太湖，其水质保障对于苏州、无锡两市饮用水水源的安全至关重要。
2. 浒光运河、胥江和苏东运河在暴雨期倒流威胁太湖水质，必须加强监管。
3. 太浦河从太湖向黄浦江补水，对于上海市饮用水安全十分重要，要确保太浦河水质安全。
4. 京杭大运河苏州上游段受无锡梁溪河排水影响，应加强两市交界断面望亭断面的监管；运河申报世界文化遗产对水质保障提出更高要求。
5. 作为苏州市主要景观娱乐水体的外城河、金鸡湖，对市民健康有直接影响，应加强卫生学和毒理学方面的监管。

## **三、需要解决的关键问题**

### **(一)区域内水环境管理协调不够**

苏州市水系发达、湖泊众多，构成平原河网。由于河网水系相互关联，流向多变，流域边界和控制断面不清，水体中的污染物既受到上下游关系的影响，又受到相互影响和自我影响。这样的水环境自然特征决定了苏州市的水环境安全管理必须打破行政区划的界限，建立区域联动的水环境管理机制，实现统筹规划和管理。

### **(二)水环境安全监测监管的功能不足**

从监测指标上看，目前苏州市内饮用水源地、重点污染源、市界断面的水环境监测仍以常规指标为主，对众多工业污染源排放的风险污染物以及水体富营养化导致的有毒有害物质缺少监测。这就有可能导致水环境中的有毒有害物质在完全没有预知的情况下对生态环境和公众健康造成巨大影响。

从监测频率上看，目前仍以手工采样、脱机监测为主，监测频率以月或季度计。较低的监测频率无法满足水环境管理的诸多需求。对于污染源或集中处理设施而言，环保部门无法获知其污染处理设施是否正常运行，是否出现超标排放，是否发生突发事故等；对于饮用水源而言，供水部门无法获知其水源水是否持续达标，从而在应对水源突发污染事件时处于被动局面；对于跨界断面而言，环保部门无法获知上游城市的排污是否持续达标，从而在处理跨界水污染纠纷时出现取证困难。

从监测对象上看，目前苏州市没有对景观水体的监测方案，这也会对公众健康的带来潜在风险。

### **(三)水环境安全监管的技术支撑不足**

由于苏州市水系复杂，一旦发生污染事故，环保部门往往难以快速定位事故污染源和风险污染物，从而延误污染控制的时机。因此，水环境监管对污染源溯源的监测技术提出了需求。

传统的以行政区划定的水环境监测体系妨碍了区域之间的信息共享，这对于

水系复杂的地区的水环境管理是极为不利的。为了打破现有格局，需要在区域层次上建立统一的水环境信息交流与共享平台。同时，为了提高应急管理能力，还应在此信息管理平台的基础上开发水环境模拟和决策支持技术，实现水环境质量预测、安全预警以及决策支持的功能。

## 四、水环境安全监管对策建议

### (一)水环境安全监管指标体系的构建

苏州市现行的水环境安全监管工作，不论从指标体系还是实际操作来看都存在诸多不足。毒理学指标缺乏、景观水体监管不足、指针监测频率过低等问题使我国监管指标体系不能满足水环境安全内涵的要求，使人类健康和水生环境受到严重威胁。苏州市水系众多、河网复杂，水环境监管工作开展较早。基于对苏州的实地调研，从水体存在风险以及监管能力缺失两个方面，对苏州水环境风险进行识别。针对不同地区和不同监管对象的特点，综合考虑污染源、水体和人类健康等多方面的因素构建新的指标体系，同时新的指标体系需要满足水环境安全内涵的要求，即保证基本水质，保护涉水人群健康并且保证生态系统的健康与活力。初步得出的监管指标体系框架如下（如表1）。

表1 水环境安全监管指标体系框架

监管对象	在线自动	1次/周	1次/月	1次/两月	1次/季	1次/年
基本监测		生态毒理学	基本	毒理学	生态状态	
跨界断面	特征					
景观水体		病原微生物、毒性生物、美学、富营养化	人体接触			
饮用水源地	基本自动		毒理学			放射性
污染源及排污口	特征污染物		比对、排污口毒理学	废水悬浮物毒性		

### (二)水环境安全监测技术的开发与集成

#### 1. 风险特征污染物监测新技术开发

为提高对风险特征污染物快速监测能力，研究用于风险特征污染物快速监控的在线多指针监控系统。目前已完成的“特征污染物多指针在线监控仪”的研发在性能上达到国际先进水平，其核心技术包括：激光诱导全内反射荧光分析技术、免疫分析技术和基于功能性高聚物共价修饰的多指针免疫芯片制备技术。

“特征污染物多指针在线监控仪”集合了高通量、多指标、高精度等优点，在需要分析大量样品及多种污染指标的条件下可以进一步的降低检测和监测成本。不仅可推动环境监测新材料和新技术的科技进步，而且市场潜力巨大，具有较高的经济效益和良好的社会效益。

#### 2. 污染预警溯源监测技术开发

为了监控工业污染源排放和解决跨界断面的水质纠纷提供充分的技术依据，

及时响应水污染事故，针对苏州市的污染特征，开发针对重点污染源的基于荧光指纹原理的溯源分析技术，可快速诊断特定污染源和特殊污染物，并能实时报警。

目前正在研发的“有机污染荧光预警溯源仪”主要有预警和识别污染类型两种功能。仪器研发已搭建好了荧光光谱数据库的框架；已完成多种样品的三维荧光光谱分析，初步建成运河苏州段上游的荧光光谱数据库；初步完成了以荧光原理和统计学为基础的六分区重心算法的构成及改进，进而完成三维荧光光谱信息提取数学算法的开发；完成了溯源软件的开发和改进。该仪器可以缩短污染事故调查的时间，赢得处理的先机，具有较好的应用价值。

### 3. 重点跨界断面监控技术集成

针对跨界断面的水质纠纷需求，进行常规指标多参数的自动监测技术、污染物预警溯源监测技术、风险特征污染物监测技术的综合集成。为解决跨界水质纠纷提供及时准确的监测依据。

### 4. 重点污染源治理设施监控技术集成

对重点污染源治理设施的监控采用以下两种监控技术方式，一种是对废水处理设施的排放口进行连续在线监控，以评价厂内的废水是否能满足达标排放；另一种是对运河进行溯源监控和风险特征污染物监测，追踪工业污染排放源。

### 5. 城市景观水体安全监控技术集成

为保障城市景观娱乐水体的安全，进行常规监测指标与典型病原微生物监控的集成，保证景观娱乐水体的卫生学安全。

## **(三)城市水环境安全监管信息平台的开发**

### 1. 水环境安全基础数据库的开发

综合运用常规调查、遥感技术、水质水文监测、气象监测、文献调研等方法收集环太湖地区的污染源状况、水环境特征和污染物特性数据，建立水环境基础信息数据库。污染源数据包括污染源和集中处理设施基本信息和历史排污数据；基础地理数据报括区域的高程、土地覆盖类型、河道特性等信息；水文水质数据报括水体的水文特征和历史水质数据；气象数据报括气温、风向、风力、降水量、日照时间等；污染物特性数据报括污染物的物理、化学和生物特征数据，如密度、化学反应速率常数、生物降解系数等。

### 2. 水环境安全动态数据库的开发

将从水环境安全监测网络体系获得的污染物排放源、集中式处理设施、跨界断面、饮用水源、景观娱乐水体等监测点位的水文水质数据实时写入动态信息数据库。

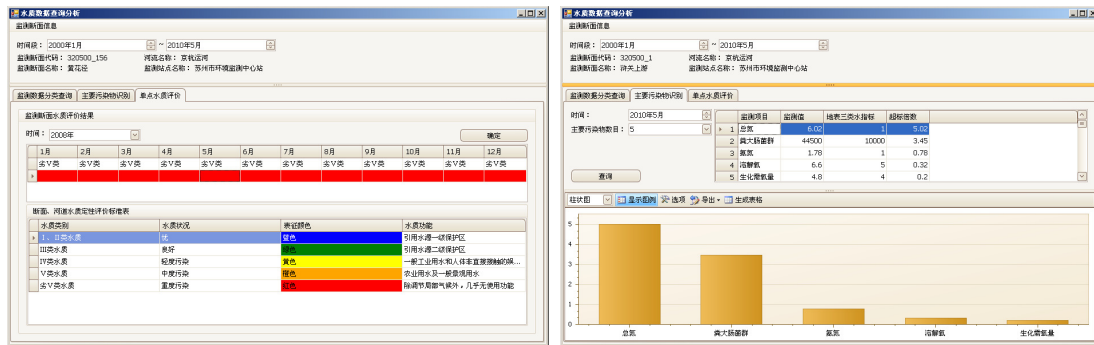
### 3. 水环境模拟模型库的建立

水环境模型是充分发挥水环境安全监测网络体系的功能，并应用于水环境安全风险的重要工具。开发苏州水系模型，满足水环境安全监管提出的预测模拟需求。同时考虑与城市污水处理厂模型和城市排水管网模型的接口。以便于今后系统经拓展用于对区域内污染源产生污染物到城市排水管网输送污染物、到污水处理厂去除污染物、再到处理后污水进入水体引起水质变化的全过程进行集成模拟。

### 4. 水环境安全信息管理平台的开发

针对城市水环境的监管需求，基于 GIS 设计开发了监管平台，实现了属性数

据和监测数据的空间表达，通过监测管理模块实现了监测方案和检测设备的同步更新和管理维护，通过水质动态渲染图和水质统计渲染图可直观了解苏州水环境质量的变化过程和统计规律，为水环境监管提供技术支持。



(a) 水质分级评价

(b) 主要污染物识别

图2 水环境安全信息管理平台的软件开发

#### (四)城市水环境安全应急监控技术与决策支持系统开发

##### 1. 水环境安全决策知识库的开发

针对水环境安全指标体系中的重点污染物，制定相应的日常管理方案和应急预案，为污染源的日常管理以及污染事故发生时的应急管理提供决策参考。日常管理方案包括重点污染排放和集中处理设施的排污要求、饮用水取水口的水质要求、景观水体的水质要求等，其目的是维持和逐步改善区域水环境质量。应急预案则包括针对特定污染物采取的应急处理措施、受影响区域的应急供水措施、城市给排水处理设施的应急措施等，其目的是通过采取一些快速、有效的技术措施在短期内恢复和保障区域水环境安全。

##### 2. 污染事故应急监测技术库

环境污染物现场快速诊断与检测技术是获取环境污染事件或纠纷发生发展过程信息的关键。针对城市污水处理厂以及工业集群区潜在的COD和氨氮超规模排放、有毒有害污染物泄漏、高强度排放、爆炸等突发性污染事故，筛选和集成快速化学分析、便携式仪器分析、在线连续传感器系统、免疫快速筛查试剂盒等污染事故应急检测技术，形成综合的应急检测技术系统库。

##### 3. 水环境安全应急专家和处理处置技术库

###### (1)水环境安全应急专家库

在重点污染源的管理过程中和突发事故发生时，不仅需要行政人员和专职人员，而且还需要具有较丰富经验和专业背景的专家队伍以及专家库。专家库主要在对风险源的管理和突发事故发生时为决策提供咨询服务。在对专家库中信息进行管理时，可以进行分类、分地区等多种方式进行管理和查询。

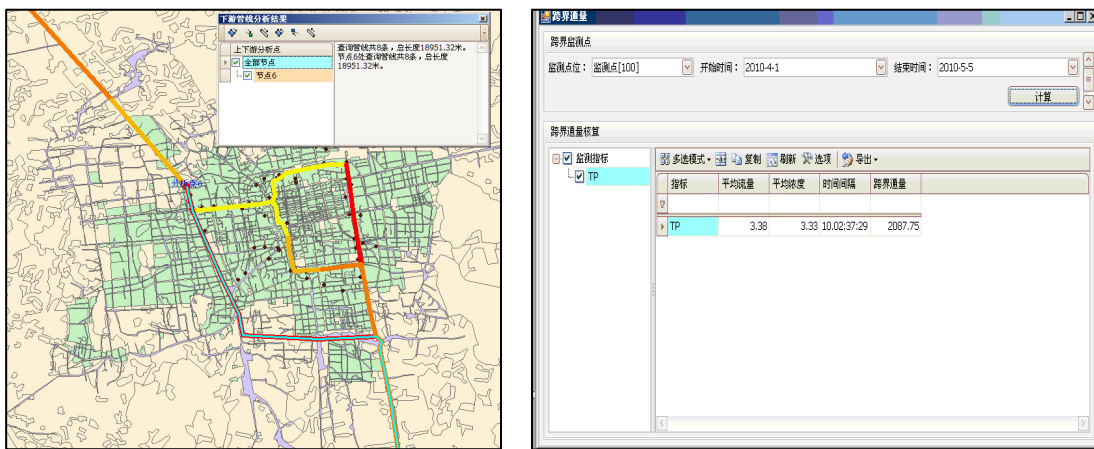
###### (2)水环境安全应急处理处置技术库

针对城市潜在的COD和氨氮超规模排放、有毒有害污染物泄漏、高强度排放、爆炸等突发性污染事故，筛选和集成污染物收集、拦截、吸附、降解、填埋、固化等处理处置技术系统和应用工艺，建立针对典型污染事件、污染物种类、污染强度的应急处理处置技术信息库。需要按照污染事故现场快速检测阶段、污染物

就地快速处理处置阶段、污染物运移过程的快速消减阶段和污染场地净化与修复阶段的需求，收集比较成熟的应急检测和处理处置技术，并将信息电子化。

#### 4. 水环境安全监管决策支持系统的开发

集成水环境安全信息管理系统和水环境模拟模型库和决策库，基于计算机网络技术开发水环境安全决策支持系统。监管部门可以利用该系统评价苏州市的水环境质量现状和历史变化趋势以及污染源的排污量变化，从而预测水环境质量的中长期变化，为制定区域发展的中长期规划提供决策依据。当发生水污染事故时，管理部门可以利用水环境模型预测污染发展态势以及采取应急预案的效果。对于水环境监测网络体系中不同类型的网站，管理部门亦可依据该决策支持系统制订管理对策。例如，政府可以根据跨界断面的水质在线监测数据和水环境模型的模拟结果做出上下游水污染纠纷事件的仲裁。



(a) 跨界通量核算

(b) 上下游分析

图3 水环境安全监管决策支持系统的功能开发

## 结语

苏州市是经济高度密集、高度发达的区域，区域内众多的高风险企业是当地水环境安全的重大隐患，区域内水环境中也存在潜在的有毒有害污染物，事故排放和人为的偷排都可能对当地的水环境安全造成严重的危害，需要有效的监测和监控技术对其实现管理，保障区域内的水环境安全。

针对苏州市水环境安全风险较高，水环境安全监管存在区域内水环境管理协调不够、功能缺失、水环境安全监管技术支持和软件支撑不足等问题，提出苏州市城市水环境管理模式，建立城市水环境安全监测网络，开发和集成以水环境安全保障为根本目的的监测技术体系，构建城市水环境安全信息管理平台和监管决策支持系统，最终形成城市水环境安全监管体系，以实现城市水环境安全的有效监管。