

# 地表水环境监测进展与问题探讨

高 娟<sup>1,2</sup>, 李贵宝<sup>2</sup>, 华 璐<sup>1</sup>

(1. 首都师范大学资源环境与地理信息系统北京重点实验室, 北京 100037; 2. 中国水利水电科学研究院水环境研究所, 北京 100038)

**摘要** :分析水环境监测的进展情况,对目前水环境监测网络、监测项目、监测方法及水环境标准进行总结;阐述各项水环境监测技术包括理化监测、生物监测、遥感监测的进展状况,分析水环境监测中存在的监测项目缺乏针对性、监测管理没有统一性等问题,提出未来的发展方向。

**关键词** 地表水;水环境监测;水质自动监测

中图分类号 :X832 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2006)01-0005-04

## Development and problems of surface water environment monitoring

GAO Juan<sup>1,2</sup>, LI Gui-bao<sup>1</sup>, HUA Luo<sup>2</sup>

(1. Key Lab. of Resource Environment and GIS, Capital Normal University, Beijing 100037, China; 2. Department of Water Environment, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract** :The progress of water environment monitoring was analyzed in this paper, including water environment monitoring network, monitoring items and methods, and water environment standards. Water environment monitoring techniques, including physical, chemical, biological and remote sensing monitoring were presented. The problems that monitoring items were lack of pertinence and management was not uniform were proposed, and further development tendency was put forward finally.

**Key words** :surface water; water environment monitoring; automatic monitoring of water quality

水环境监测是水资源管理必不可少的组成部分,通过对水环境中污染物及污染因素进行监测,评价污染物产生的原因及污染途径,对水污染问题进行鉴别和评估,为防治污染提供技术支持。水环境监测在防治水污染、制定水环境标准方面发挥重要作用。我国水环境依然处于不断恶化之中,相应的监测任务越发重大。水环境监测历经 30 年的发展历史,已经取得一定成绩,常规监测日趋成熟,水质自动监测正有计划地逐步开展。

## 1 地表水环境监测概况

### 1.1 水环境监测方法

我国水环境监测方法可以归为三类:①自动监测。执行国家环保局、美国 EPA 和 EU 认可的仪器分析方法,并按照国家环境保护局批准的水质自动

监测技术规范进行;②常规监测。执行 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中规定的标准分析方法;③应急监测。凡有国家认可标准方法的项目,必须采用标准方法。没有标准方法的项目,采用等效方法进行测定。

在水环境监测领域,针对不同流域和管理需要,一般采取常规监测和水质自动监测有机地结合的方式。早在 20 世纪 70 年代初期,美国等发达国家就对河流、湖泊等地表水开展了水文水质同步连续自动监测及污染源水质连续监测,日本则有以流域为主和以污染源为主的两类水质自动监测系统,其特点是只测水质参数而不测水文参数。20 世纪 80 年代末,我国开始从国外引进水环境监测系统,水环境实时动态监测系统的研发逐渐受到重视。自 1998 年以来,水质自动监测站有了较快的发展。

## 1.2 水环境监测站网

目前,我国地表水监测网络由 260 个重点监测站组成,监测 250 条河流、18 个湖泊和 10 个水库,监测断面 759 个;全国省控以上站网监测 1 868 条河流、182 个湖泊和 440 个水库,共设置监测断面 9 000 多个。另外,国家已经建成 82 个水质自动监测站,地方投资建设的有 79 个。水利系统已建成由水利部、流域、省及其地(市)水环境监测中心、分中心共 251 个监测机构组成的四级水质监测体系;已有水质监测站点 3 240 处,基本覆盖了全国主要江河湖泊;有 51 家水环境监测中心的实验室通过了国家级计量认证,占水利系统质检中心的 61.4%。环保系统共有国家、省、地、县四级环境监测站 2 268 个,绝大多数环境监测站也从事着水环境监测及其相关环境监测的工作,已有 80%~85% 的市级站、56% 的县级站正常开展地面水的常规监测。

全国的监测站网主要是以常规监测为主,还未形成水质自动监测网。与发达国家相比有一定差距。美国 1975 年在各州共有 13 000 个监测站组成水质自动监测网,分为国家水质监测网和州及地区水质监测网,前者主要分布于美国的 18 条主要河流流域中,后者按照《清洁水法》中规定的目标设立<sup>[1]</sup>。我国的水质自动监测系统仅限于一些重点流域,数量较少,与水污染现状相背离。

## 1.3 水环境监测项目

常规监测项目包括必测项目、选测项目和特定项目,根据不同水体有不同的要求。自动监测项目包括必测项目有 7 种和选测项目 14 种。我国水污染以有机物污染为主的现状使水环境优先监测提上了日程。1992 年,国家环保局公布水中优先控制的污染物黑名单,共 68 种,其中有毒有机污染物 58 种。它代表我国的水环境污染状况,标志着我国水环境监测从宏观走向微观、从监测重金属和综合性指标转向以监测有毒有机物为主的监测技术路线。

国外许多国家很早就注意到这个问题,并开始了水环境优先控制污染物的监测。美国是最早开展水中优先监测的国家,已建立了一套完整的法规、标准和监测体系<sup>[2]</sup>。1976 年美国公布了《清洁水法》,受控的水中优先控制污染物 129 种,其中 114 种为有毒有机污染物,建立起了 EPA 标准物质库和配套的 600 系列监测分析方法,制定了严格的 QA/QC 措施,前苏联继 1975 年公布了 496 种有毒有机污染物在水中的最高允许浓度之后,又在 1984 年公布了水中 561 种有毒有机物的卫生标准。我国 1996 年 7 月颁布了 GB 8978—96《污水综合排放标准》,除了对原来的 GB 8978—88 内容作了部分修改外,主要还

增加了约 30 余项有毒有机物的排放标准,标志着我国水环境监测转向以无机和有机污染物的全面控制。与此同时,HJ/T91—2002《水和废水监测技术规范》也做了适当的修订,与污水综合排放标准相协调,增加了一些有毒有机物监测项目。

## 1.4 水环境质量标准

水环境质量标准是开展水环境监测的依据,没有标准也就无法判断水质的优劣及污染物的超标情况。我国水环境质量标准有:GB 3838—2002《地表水环境质量标准》、GB 3097—1997《海水水质标准》、GB 11607—89《生活饮用水卫生规范、渔业水质标准》、GB 5084—92《农田灌溉用水水质标准》。在排放标准方面,颁布了 GB 8978—96《污水综合排放标准》和近 20 多个行业的污水排放标准。

近年来,世界各国为适应发展变化的水资源管理和监测形势,不断修订和实施水环境质量标准,对水质监测更加重视。我国最新的 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》在 1999 年标准的基础上又增加了五氯酚、丙烯腈、氯乙烯、苯、甲苯等苯系物及三溴甲烷等挥发性卤代烃类的监测标准,项目总数达 40 余项,重视了有毒有机污染物的监测,可以更有效的控制水污染现状。

美国没有全国统一的水质标准。美国环保局只是负责建立各类水质基准,各州根据联邦环保局提供的水质基准并结合水体具体功能制定各州和流域的水质标准,即水环境质量标准<sup>[3]</sup>。我国的水环境质量标准是国家统一的,主要是根据全国的情况制定的,针对共性问题。我国幅员辽阔,各地水文和气候条件差异较大,“一刀切”模式的标准存在弊端,因此各地方要根据地区的经济、环境状况和管理水平制定地方标准,解决环境的个性问题,地方标准应更严于国家标准。

## 2 水环境监测分析方法研究

随着我国对水环境监测的重视,水环境监测技术也取得了较快的发展,特别是有机物监测方面。这不仅与我国目前水污染以有机物为主的现状一致,更推动我国的监测技术与国际水平接轨。目前,我国的水环境监测技术是以物理化学监测技术为主,近几年来重视生物监测,并将遥感技术应用于水质监测之中。

### 2.1 理化监测

在水环境监测中物理指标数据是比较容易获取的,其监测仪器往往也比较简单,如水的浊度用浊度仪测量,色度用滤光光度计测量,电导率用电导率仪测量。此外还有一机多能的水质监测仪可同时测定

多项物理指标。

实验室的仪器分析方法在水环境常规监测中仍然起到重要作用。近年来,随着国家对有毒有机污染物监测的重视,在仪器的引进及研发方面取得一定的进步。一些监测站已经引进了大、中型实验室监测分析仪器,提高了对一些有毒有害物质的监测能力。《水和废水监测分析方法》(第4版)增加了一些有毒有害有机物污染物的分析技术,如用吹脱捕集 GC-MS 法测挥发性有机物(VOCs),用液液萃取或微固相萃取 GC-MS 测定半挥发性有机物(S-VOCs);也可将 GC-MS 用于氯酚类、有机氯农药、有机磷农药、PAHs、PCBs 类的分析应用;用 HPLC 分析 PAHs、苯胺类、酞酸酯类、酚类等<sup>[4]</sup>。

相关研究人员在有机物污染监测方面作了一些工作。胡振元等提出用顶端空间-气相色谱测试易挥发物,用疏水富集-选择性分离-气相色谱(或液相色谱)监测难挥发有机物的,工作效率比采用 EPA 规定的方法有明显的提高<sup>[5]</sup>。韩长绵等研究毛细管柱顶空气相色谱测定水中二氯苯、三氯苯,灵敏度高于现行萃取法 40~100 倍(一氯苯除外)<sup>[6]</sup>。在分析仪器方面,研究开发了便携式 GC-PID 测定苯系物、有机磷农药等有机污染物的监测方法,可实现简化,并适合于现场测量<sup>[7]</sup>。

## 2.2 生物监测

生物监测可及时反映污染物的综合毒性效应及可能对环境产生的潜在威胁,掌握水环境质量,发现一般监测和理化监测所发现不了的环境问题<sup>[8]</sup>。郭沛涌等根据生物监测原理,对长江河口的生物监测进行了分析,说明了细菌、浮游生物、生物富集对长江河口水质污染的指示作用及赤潮生物与环境因子的变化<sup>[9]</sup>。在我国目前广大的水域不具备使用水质自动监测站对水环境进行连续自动监测,水生生物监测是一种较为适合的手段,这方面的测试方法和技术需要进一步的研究。

近年来,在利用细菌进行水环境监测方面也做了一些工作。薛建华等将发光细菌应用于监测水环境污染,发现此方法比传统的检验方法迅速,能直接反映水环境污染对生物的影响<sup>[10]</sup>。周易勇论述了水环境的酶学方法,指出淡水生态环境中的酶能与其他经典生物性指数相参照,其活性及动力学特征可对某种特定的生物化学过程或者物质循环机制做出较为精确的描述,因此,酶可望成为特殊层次上包含综合信息且具有独特含义的监测指标<sup>[11]</sup>。另外,运用生物毒理学来检测污染物对动植物和人类的危害性,对水质进行综合性的监测,更能客观地反映有毒有害物质的毒性,这是未来发展的一种趋势,我国

在这方面仍然停留在初级阶段,其进一步的使用仍需要探讨。

## 2.3 遥感监测技术

遥感技术目前也已经用于水环境的监测,是一种新兴的技术。它需要与其他领域的相关技术结合才能取得预期的效果,也就决定了影响因素较多。这一技术对监测工作人员提出更高的要求。水体及其污染物质的光谱特性是利用遥感信息进行水质监测与评价的依据<sup>[12]</sup>。在水污染监测方面,我国先后对海河、渤海湾、蓟运河、大连河、长春南湖、于桥水库、珠江、苏南大运河等大型水体进行了遥感监测,研究了有机物污染、油污染、富营养化等<sup>[13]</sup>。朱小鸽等对最近 25 年珠江口水环境的遥感监测进行了研究,根据 Landsat 卫星在最近 25 年间的图像信息,显示出珠江口与香港周围海域混浊水域不断扩大的趋势,揭示多种因素叠加带来的海洋恶化的深层原因<sup>[14]</sup>。王学军等利用遥感信息和有限的实地监测数据建立了太湖水质参数预测模型,用于太湖水质污染的预测、分析和评价,能较好地反映水质的空间分布特征,尤其适合于大范围水域的快速监测<sup>[15]</sup>。在水库水体富营养化研究方面,台湾大学陈克胜等曾利用陆地卫星的 TM 数据进行水库的营养状态评价<sup>[16]</sup>。

## 3 水环境监测存在的问题及对策

在 30 年水环境监测的发展历史中,有关人员做了大量工作。先后完成了 20 世纪 80 年代和 90 年代两次全国性水质调查评价任务;开展了省际(界)河流水环境监测;在淮河流域创造性地开展了水质污染监视性动态监测及上下游污染联防,有效地缓解了污染危害<sup>[17]</sup>。

在目前水污染严重的情况下,水环境监测仍然存在一些问题。

### 3.1 缺乏统一管理

以流域为单元对水资源实行管理是当前国际上水资源管理的共同做法,我国环境监测从原来的点源、区域监测转变到流域监测管理。长期以来“分割管理,各自为政”所形成的惯性,一些区域水资源管理者过分注重区域利益,忽视全流域的利益,流域管理的理念还没有被完全接受。实现流域控制与区域控制有机结合,仍然是面临的一个大问题。两者在微观上的结合,就是要建立科学合理的水资源评价体系,根据不同流域、流域内不同河段、不同的水利水电工程对流域经济社会发展的重要程度以及对流域全局的影响程度,划定流域机构的直管范围,做到责、权、利的有机统一。

### 3.2 监测站网需优化

国控站点经过两次优化,从宏观上可以反映我国的整体水环境质量状况。但是,依靠现行的水系国控站点不能及时反映“三河”与“三湖”治理效果,还应按行政区划分为省控和市控点。由于我国存在水利与环保两种监测系统,对同一水域出现重复监测的现象,例如仅淮河流域就有5个监测方案。迫切需要更高的管理层来实现监测站网的优化配置,应该出现以流域管理为中心监测网络体制,根据特定的监测目的布设具有代表性的断面,以求全面反映水质变化状况。对不同水体采用固定一致的布点方法和频率是不够科学合理的,水体的布点兼顾一定的布点原则,如在大量废水排入河流的主要居民区、工业区的上游和下游,湖泊、水库、河口的主要出口和入口,河流主流、河口、湖泊和水库的代表性位置等,监测频率可依水量水情而定。

### 3.3 选取监测参数不能全面反映水环境状况

我国城市河流及各大水系均以有机污染为主。监测指标中表征有机物的项目均为综合性指标,不能平等地反映各断面的水质污染情况。如GB3838—2002《地表水环境质量标准》中的控制指标仍然是以重金属和综合性指标为主的监测指标体系(集中式水源地除外)。

水质监测的主要水质参数有无机、重金属离子、营养物和微生物,传统方法是利用化学分析和仪器分析及生物方法来测定其浓度,其中一些参数只能对水质起描述作用,并不能全面反映水质问题。一方面水环境监测项目缺乏针对性,出现对某一些污染程度较轻的项目进行反复地、重复监测的问题。如对于 $Hg^{2+}$ 、 $Pb^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 等离子浓度始终保持在所需水质标准允许范围内的水体,不必要对其进行周期性反复测定,可适当拉大监测时距;另一方面,漏测可以表征水质状况的有害参数。沿江、河、湖泊有不同的污染源,有害物的种类和浓度也有很大的差别,使用同类参数来衡量水质好坏,显然是不科学的。应根据污染源的不同,选取危害大、出现频率高的污染物作为监测对象。

### 3.4 水环境监测分析方法有待进一步完善

目前,水和废水监测分析方法还没有达到一个项目一个标准分析方法的最低要求。现有的水环境质量标准与污水排放标准共控制98项污染物,而现有的标准分析方法不配套。对于国家重点控制的水中8项污染物也缺乏简易、快速的现场分析方法,造成在应急监测中对污染事故往往不能及时判断、分析。发达国家在水环境监测分析方法上已经形成了系列化,如美国EPA500系列饮用水中有机物分析

方法,600系列城市和工业废水中有机物分析方法等。这些成为我国水环境监测分析方法的借鉴。考虑到一些国外仪器不适合我国水污染严重的国情,摆在企业面前的重要任务是开发出适合我国水质监测的系列仪器,使一些国外仪器国产化。要缩小与发达国家的差距,仪器的研发仍然任重而道远。

### 3.5 水环境监测质量有待于提高

水环境监测站的质量保证是目前存在的一个问题。自1998年到2001年,水利部进行了计量认证复查换证工作,从现场抽查考核合格率统计,抽查考核1次不合格率1999年为33%,2000年为36%,2001年为42%,监测质量出现了滑坡现象。监测队伍的素质也有待于进一步提高,特别是水环境监测是一种政府行为,更需要有专业水平的技术人员参与。水质监测报告仅是我国水环境的一张“化验单”,没有建立相应的水环境监测数据库,对已有的水环境监测数据综合利用不够,缺乏对数据的深入利用,这是我国的水环境监测数据缺乏权威性的根本所在。由于技术条件的限制,我国水环境数据不能及时上报,造成水环境信息的采集与处理的实时性不强。

## 4 结 论

综上所述,我国的水环境监测总体上已经取得了很大的发展,但距离发达国家仍有一定的距离。通过总结研究,笔者认为水环境监测今后可以从以下几个方面来进一步加强:水体的富营养化是最近几年较为突出的水污染问题,在这方面应该要求监测技术的配套研究开发,找出有效的解决途径;建立起网络水环境监测体系,选择有代表性的水质参数进行监测,增强监测数据的代表性、可靠性,保证监测数据的质量;利用遥感及GIS技术,为水环境监测技术提供技术支撑;综合利用水环境监测数据,及时进行水环境标准的修订,使其能够及时反映我国的水环境质量状况;加强突发性水污染监测,发展简易快速应急监测技术。

### 参考文献:

- [1] 万本太. 中国环境监测技术路线研究[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2003.
- [2] 傅德黔, 孙宗光, 章安安. 我国水环境优先监测的现状与发展趋势[J]. 中国环境监测, 1996, 1(3): 1-3.
- [3] 周扬胜, 安华. 美国的环境标准[J]. 环境科学研究, 1997, 10(1): 57-62.
- [4] 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

(下转第14页)

[ 28 ] GOODCHILD M F. The state of GIS for environmental problem-solving[ C ]//GOODCHILD M F, STEYAERT L T, PARKS B O. Environmental modeling with GIS. New York :Oxford Univ. Press ,1993 8-15.

[ 29 ] MAIDMENT D R. GIS and hydrological modeling[ C ]//GOODCHILD M F, STEYAERT L T, PARKS B O. Environmental modeling with GIS. New York :Oxford Univ. Press ,1993 :147-167.

[ 30 ] LIAO H ,TIM U S. An interactive modeling environment for Non-point source pollution control[ J ]. Journal of the American Water Resource Association ,1997 ,33( 3 ) :591-603.

[ 31 ] FALL C. Generalized model of pentachlorophenol distribution in a mended soil - water system[ J ]. Water Environment Research ,2001 ,73( 1 ) :110-117.

[ 32 ] TANNER R T. Food chain organisms in hypersaline industrial evaporation ponds[ J ]. Water Environ Research , 1999 ,71( 4 ) :494-501.

[ 33 ] ZHOU H Y. Accumulation of sediment-sorbed PCBs in tilapia[ J ]. Water Research ,2000 ,34( 11 ) :2905-2914.

[ 34 ] SRINIVAS M ,PATNAIK L M. Adaptive probability of crossover and mutation in genetic algorithm[ J ]. IEEE Trans on SMC ,1994 ,24( 4 ) :656-667.

[ 35 ] 李海英 ,秦肖生. 综合性遗传算法用于水质模型参数估值[ J ]. 中国给水排水 ,2002 ,18( 5 ) :28-30.

[ 36 ] 申玮 ,郭宗楼 ,周新超. 直接搜索——模拟退火算法在水质模型参数识别中的应用[ J ]. 西北农林科技大学学报 ,2004 ,32( 5 ) :101-105.

[ 37 ] SHARAD K J. Development of integrated sediment rating curves using ANNs[ J ]. Journal of Hydraulic Engineering , 2001 ,127( 1 ) :30-37.

[ 38 ] MARINA C. Forecasting river flow rate during low-flow period using neural network[ J ]. Water Resources Research ,1999 ,35( 11 ) :3547-3552.

[ 39 ] 魏文秋 ,孙春鹏. 灰色神经网络水质预测模型[ J ]. 武汉水利电力大学学报 ,1998 ,31( 4 ) :26-29.

[ 40 ] ZHANG B. Prediction of water runoff using Bayesian concepts and modular neural network[ J ]. Water Resources Research , 2000 ,36( 3 ) :753-762.

[ 41 ] 李致家 ,谢悦波. 地下水流与河网水流的耦合模型[ J ]. 水利学报 ,1998( 4 ) :43-47.

[ 42 ] 李玉梁 ,李玲. 环境水力学的研究进展与发展趋势[ J ]. 水资源保护 ,2002( 1 ) :1-6.

[ 43 ] JAMES J ,BUTLER ,VITALY A Z ,et al. Drawdown and stream depletion produced by pumping in the vicinity of a partially penetrating stream[ J ]. Ground Water ,2001 ,5 :651-659.

[ 44 ] MEIGS L C ,BAHR J M. Three-dimensional groundwater flow near narrow surface water bodies [ J ]. Water Resource Research ,1995 ,31( 12 ) :3299-3307.

( 收稿日期 2004-07-21 编辑 :傅伟群 )

( 上接第 8 页 )

[ 5 ] 胡振元 ,施梅儿. 水环境中痕量有机致害物的系统色谱分析[ J ]. 分析科学学报 ,1995 ,11( 2 ) :1-5.

[ 6 ] 韩长绵 ,朱艳. 毛细管柱顶空气相色谱法测定水中氯代苯研究[ J ]. 环境科学与技术 ,2002( 6 ) :17-19.

[ 7 ] 齐文启 ,陈光 ,孙宗光. 水环境监测技术和仪器的发展[ J ]. 现代科学仪器 ,2003( 6 ) :8-12.

[ 8 ] 赵怡冰 ,许武德 ,郭宇欣. 生物的指示作用与水环境[ J ]. 水资源保护 ,2002( 2 ) :12-16.

[ 9 ] 郭沛涌 ,沈焕庭. 水生生物资源在长江河口水环境监测中的应用[ J ]. 农业环境保护 ,2002 ,21( 1 ) :81-83.

[ 10 ] 薛建华 ,王军晖. 发光细菌应用于监测水环境污染的研究[ J ]. 科技通报 ,1998 ,14( 5 ) :339-342.

[ 11 ] 周易勇. 水环境监测的酶学方法[ J ]. 中国环境监测 , 1999 ,15( 2 ) :61-64.

[ 12 ] 李红清. 遥感技术在水环境保护中的应用初探[ J ]. 水利水电快报 ,2003 ,24( 3 ) :24-25.

[ 13 ] 郑炳辉 ,马廷. 环境遥感应用与展望[ J ]. 航天技术与民品 ,2000( 9 ) :1-3.

[ 14 ] 朱小鸽 ,何执兼 ,邓明. 最近 25 年来珠江口水环境的遥感监测[ J ]. 遥感学报 ,2001 ,5( 5 ) :396-400.

[ 15 ] 王学军 ,马廷. 应用遥感技术监测和评价太湖水质状况[ J ]. 环境科学 ,2000 ,21( 6 ) :63-66.

[ 16 ] 陈克胜 ,雷楚强. Reservoir Trophic State Evaluation using Landsat TM Data[ J ]. Journal of the American Water Resource Association ,2001 ,37( 5 ) :30-33.

[ 17 ] 李怡庭. 我国水环境(水质)监测工作的回顾与展望[ J ]. 水文 ,1999( 5 ) :24-26.

( 收稿日期 2004-10-11 编辑 :傅伟群 )

