

# 美国水质监测发展历程及其对中国的启示\*

杨 员<sup>1,2</sup> 张新民<sup>2#</sup> 徐立荣<sup>1</sup> 薛志钢<sup>2</sup> 柴发合<sup>2</sup>

(1. 济南大学资源与环境学院, 山东 济南 250022;

2. 中国环境科学研究院环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012)

**摘要** 美国水质监测经历了一百多年的历史,其做法和经验长期处于国际领先地位。基于大量文献调研,从领导机构、监测项目、监测方法、质量保证/质量控制(QA/QC)和监测范围等方面系统研究了美国水质监测发展从初级阶段—发展阶段—过渡阶段—发达阶段整个过程。结果表明:美国水质监测的领导机构实现了由协会主导向政府主导的更迭;监测项目完成了由常规项目向优先控制污染物的重点转移;分析测试手段由化学分析为主逐步发展到以仪器分析为主的新格局;QA/QC 越来越得到重视;监测范围由局部区域向全美范围逐步拓宽。借鉴美国水质监测的先进经验,结合中国的客观实际,提出了未来中国水质监测的若干建议。

**关键词** 美国 水体污染 水质监测

DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2015.10.016

**Review on development of American water monitoring system and its implications for China** YANG Yuan<sup>1,2</sup>, ZHANG Xinmin<sup>2</sup>, XU Lirong<sup>1</sup>, XUE Zhigang<sup>2</sup>, CHAI Fahe<sup>2</sup>. (1. School of Resources and Environment, University of Jinan, Jinan Shandong 250022; 2. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012)

**Abstract:** Water monitoring in America has a history of more than one hundred years, whose practice and experiences take the leading position all the time around the world. It has experienced primary stage, developing stage, transitional stage, and developed stage. Based on the investigation of a large number of literatures, the leading agencies, monitoring items, analytical methods and monitoring regions in America were systematically reviewed. Results showed leading agencies of water monitoring system in America was charged by governments instead of associations. Monitoring items shifted from routine items to priority contaminants. Instrumental methods gradually replaced traditional chemical methods. QA/QC gained more and more attention. Regional monitoring expanded to all over America. Suggestions were proposed in accordance with the reality of China for water monitoring.

**Keywords:** America; water pollution; water monitoring

水污染是影响当前国家水质安全的一个重要因素,是全社会广泛关注的热点问题之一。自 20 世纪 50 年代以来,我国开展了大量的水质监测和研究工作<sup>[1-3]</sup>。1956—1970 年,我国收集了江河天然水质的大量资料,着手监测天然水化学成分。随后,建立健全了各流域水质监测中心,当时成立了水利水电部水质试验研究中心,颁发了《水质监测规范》(SD 127—84)。发展至今,已建成了“以水环境监测中心为中心,监测站为节点”的覆盖全国主要江河湖库的水质监测网络体系。水质监测工作已经有了长足的发展,但是仍然存在以下严峻问题<sup>[4-5]</sup>:(1)同一流域的监测由不同部门进行管辖,导致不同部门各自为政,严重影响了监测工作实际运行效率;(2)监测分

析手段难以满足大面积、多指标的全方位监测;(3)监测过程过于笼统,欠缺细致的评价指标;(4)监测数据缺乏严格的质量保证/质量控制(QA/QC),数据的可靠性存在质疑。因此,研究调整水质监测战略规划具有非常重要的现实意义。在调研大量文献的基础上,对已取得先进经验的美国水质监测历程进行了系统梳理,以利于更清晰地看到我国水环境监测的不足,为现阶段我国制订水质监测战略规划的相关科学决策提供参考和支持。

## 1 美国水质监测发展历程

在系统调研和梳理 19 世纪末以来美国水质监测发展历程的基础上,通过对领导机构的更迭、监测

第一作者:杨 员,男,1990 年生,硕士研究生,主要从事 VOCs 污染防治研究。# 通讯作者。

\* 国家环境保护公益性行业科研专项重大项目(No.201009032);国家环境保护公益性行业科研专项(No.201209003)。

项目的重点转移、分析测试手段不断更新、监测范围的拓宽及 QA/QC 体系不断完善等方面的全面透视和分析,将美国水质监测发展历程划分为 4 个发展阶段:(1)初级阶段(19 世纪末到 20 世纪 40 年代);(2)发展阶段(20 世纪 50 年代到 60 年代);(3)过渡阶段(20 世纪 70 年代);(4)发达阶段(20 世纪 80 年代至今)。这 4 个阶段相互紧密连接,承前启后,比如 20 世纪 60 年代初期对具有“三致”作用的有机氯农药的监测,开辟了有毒有害有机物监测的新领域,极大丰富和充实了水质监测的项目,把水质监测引向更深的层次,具有重要的科学意义。

### 1.1 初级阶段

该阶段美国水质污染尚属早期,污水排放量有限,进入水体的污染物种类和数量相对较少,受污染水域范围不广,程度也较轻,尚未发展到产生公害的程度,基本处于自然控制状态,只引起了少数专家的关注。水质监测工作没有专门的机构进行统一领导,而是由相关协会主导监测工作,基本是在某些大城市和重点区域内以自发的、非政府行为的方式自由发展。

《水和废水的标准检验法》(以下简称《标准检验法》)是这一阶段最重要的水质监测方法,其不断被修订的过程反映了当时美国水质监测水平和水环境污染状况,详见表 1。1899 年,美国公共卫生协会(APHA)成立《水的标准分析法》委员会,负责水质监测分析方法的标准制定。1905 年,该委员会推出了《标准检验法》(第 1 版)。第 1 版的监测项目仅包括水质物理指标(感官指标和特性指标)、化学指标(COD、非金属无机物)、简单的微生物指标等。这些监测项目基本可以满足当时水体污染情况的监测要求,分析方法有重量法、容量法和常规细菌学检验法。在随后的 20 年中,《标准检验法》不断修订增

补,依次推出第 2~5 版,主要增加了铅、锡、锌、铜 4 种金属,且引进了比色法。随着工业的发展,饮用水源水质和供水水质也受到了威胁。1925 年,APHA 和美国自来水厂协会(AWWA)联合推出了《标准检验法》(第 6 版),拓宽了应用范围,形成了分别针对天然水和污水的两套分析方法。随着人们对水污染严重性认识的提高,1933 年推出了第 7 版,在第 6 版的基础上将水体细分为天然水、污水、工业废水、受污染水体、污泥和底泥 6 类,监测项目增至 6 大类 34 项,同时特别强调了水样的代表性。1935 年,污水控制联合会(WPCF)发布了《污水的分析方法》,后来合并到《标准检验法》(第 8 版)中,更加充实了水质监测方法。1946 年又推出了第 9 版,金属指标增加了 9 项、非金属无机物增加了 5 项、有机物增加了 3 项,引入了分光光度法。

总之,在这个阶段,美国废水处理能力很低,大部分废水未经任何处理直接排放,依赖于水体自净能力消除污染。同时联邦政府也没有颁发任何与水相关的法律对污水进行强制性控制。水质监测重点放在感官项目、特性项目、综合性项目、金属和非金属无机物等项目上,尚未涉及具有“三致”作用的有机物项目。监测方法以化学法为主,对分析测定的数据没有全面的 QA/QC 要求,数据的可靠性差。这反映了当时美国水质污染的程度及水质监测的水平。

### 1.2 发展阶段

20 世纪 50 年代到 60 年代,全美各大水系、公共水体及供水水源已受到严重威胁,臭水沟和水体富营养化现象随处可见,恶性的累积效应已然爆发。在这种情况下,全民意识到控制水体污染已迫在眉睫,强烈要求政府立刻采取有效措施改变现状。于是,1956 年美国批准了第一个《水法》,但碍于认识的限制,《水法》并没有提出具体目标和要求。

表 1 初级阶段《标准检验法》的发展概况

Table 1 Development of “Standard methods for the examination” in the primary stage

发布时间	版本号	监测项目或主要内容	监测方法
1905 年	1	监测项目包括水质物理指标(感官指标和特性指标)、化学指标(COD、非金属无机物)、简单的微生物指标等	重量法、容量法和常规细菌学检验法
1906 年至 20 世纪初	2~5	增加了铅、锡、锌、铜 4 种金属	增加比色法
1925 年	6	水质监测划分为天然水监测和污水监测两大系统	未增加新的方法
1933 年	7	水体细分为天然水、污水、工业废水、受污染水体、污泥和底泥等 6 类;监测项目增至 34 个;特别强调采用多次、多点和再混合的方法采集水样	未增加新的方法
1935 年	8	增加了部分《污水的分析方法》内容	未增加新的方法
1946 年	9	监测项目增加了 17 个	引入分光光度法

1965 年,国会对《水法》作了部分修订,要求各州于 1967 年前制定出各自范围内的水质标准,试图以受污水体的水质标准为依据来确定排放标准,但受认知的局限,没有完成《水法》规定的任务,导致这种设想以流产而告终。尽管美国在 20 世纪 60 年代,设有专门致力于污水治理的专业化研究机构,确立了“以治为主”的方针,很多技术也日臻成熟,但由于当时没有强制性的法律支持,加上管理不力,致使控污效率低下,没有达到预期的控制目标。另外,工业废水处理设施和城市污水处理厂建设发展缓慢,数量和规模有限,污水处理率低,从而导致控制氨、总悬浮物(TSS)、BOD 等主要污染指标的努力遭到失败。

本阶段虽然在美国水质监测百年历史中属于平稳发展期,但在很多方面取得了突破性的进展。首先,监测项目大大增加。至《标准检验法》(第 12 版),监测项目增至 10 大类共 70 多项,其中,有机物项目新增了总有机污染物和表面活性剂,金属项目新增了镉和锂,非金属无机物项目新增了臭氧。同时,新增了放射性检验、有机氯农药、铁细菌和硫细菌、生物评价 4 类项目,其中,有机氯农药的测定更是开辟了美国水质监测中有机污染物监测的新方向。其次,政府加大力度,监测范围不断扩大。突出体现在:(1)继续对上述 6 类水体开展监测;(2)加强对供水水源的监控;(3)加强对未被严重污染的水体的监测。另外,各州加强了实验室的建设。随着监测范围的扩展,实验室迎来了迅速发展的潜在机遇,水质实验室、监测站及设备不断发展。紫外—可见分光光度法替代了传统的化学分析方法,成为首选方法。与此同时,一些新型仪器也逐步应用于水质监测领域,如气相色谱仪(GC)、原子吸收光谱仪(AAS)等。

值得一提的是,本阶段美国水质监测的数据质量可靠性大幅提高,基本上达到了量化的控制水平。1955 年推出的《标准检验法》(第 10 版)引进了准确度、精密度、重复测定、校准实验和加标回收率等概念,每个分析方法都给出了相应的准确度和精密度的数值范围。1960 年推出的《标准检验法》(第 11 版)提出了校准曲线必须在每天工作之前进行校核。1965 年推出的《标准检验法》(第 12 版)又新增了自我评价部分,且全部分析方法在不同实验室间进行了验证。这些措施使数据质量的可靠性上了一个新台阶,为 QA/QC 的提出打下了坚实的基础。但总体上,数据的代表性、完整性和可比性

仍有一定局限性。

### 1.3 过渡阶段

20 世纪 70 年代,美国有 30 多万家工厂,每年排放废水 38 亿 t 以上,这些废水大多未经充分处理或不处理就直接排放,造成水体中的各项污染指标不断恶化,污染治理压力日益加大,自发的、被动的、非政府主导的水质监测模式已然不能满足水质监管的需求<sup>[6],[7]203</sup>。1970 年美国环境保护署(USEPA)的成立和 1972 年美国《清洁水法》的通过,标志着美国水环境监测逐步向法制化、标准化、规范化过渡。《清洁水法》通过发放许可证的形式减少排放污染物,提高水质目标。该法为美国水污染控制提供了前所未有的法律保障,赋予了 USEPA 制定排放标准和水质标准等的权利。随着饮用水源包括地下水水源污染的加剧,美国国会于 1974 年颁布《安全饮用水法》(SDWA),弥补了《清洁水法》在地下水污染控制方面的缺陷。该法还特别要求对消毒副产物三卤甲烷予以控制。1977 年《清洁水法》改称《净水法》,重点提出了 65 种有毒污染物。《净水法》赋予了 USEPA 制定工业废水排放技术标准以及鉴定地表水水质标准的权利。相关法律法规及标准<sup>[7]200-206,[8],[9]16-21,[10-12]</sup>的颁布见表 2。法律的颁布实施极大促进了美国水质监测体系的完善。

法律的颁布实施,要求水质监测重点向有毒有机物监测方向发展,特别是《净水法》的颁发,使有毒有机物提上了水质监测的日程。而《标准检验法》(第 13 版和第 14 版)对有毒有机物的监测无能为力,致使人们对其权威产生了质疑。于是,美国国会要求 USEPA 开发、研制相关的标准分析方法。分别于 1973 年、1976 年和 1979 年,USEPA 发布了《废水中污染物的分析方法》、《废水中有毒有机污染物的分析方法》和《饮用水中 4 种三卤甲烷的分析方法》,分别规定了常规监测项目、废水中有毒有机污染物和饮用水中 4 种三卤甲烷的监测分析方法(见表 2)。此后,又经过多次修订和增补,逐步发展成为 USEPA 100~400 方法系列。

20 世纪 70 年代是美国水质监测向发达阶段全方位过渡的重要时期,USEPA 开展了大量的研究工作,取得了许多成就。首先,围绕“预防为主”的方针,重点开展了“污染源头控制”、“零排放”和“废弃物的回收与资源化”等重要课题的研究<sup>[7]200-206,[9]56-78</sup>。其次,在 20 世纪 60 年代监测项目的基础上,新增 20 多种金属和 30 多种有毒有机物。

表 2 过渡阶段法规标准的发展概况  
Table 2 Development of laws, regulations and standards in transitional stage

类别	名称	颁布时间	主要内容
法规	《清洁水法》	1972 年	确立了《全国水体污染物排放消除制度》，以法律的形式规定了持证排放、达标排放的许可证制度；规定向水体排放的点源应在 1974 年 12 月 1 日前获取许可证；要求 1985 年前摸清所有通航区域的污染源
	《安全饮用水法》	1974 年	要求对消毒副产物三卤甲烷予以控制，保护饮用水源包括地下水饮用水源
	《净水法》	1977 年	规定 1977 年 7 月 1 日前城市污水系统实施二级处理技术，工业废水实施最佳实用处理技术；提出了重点控制的 65 种有毒污染物
标准分析方法	《废水中污染物的分析方法》	1973 年	测定废水中金属项目、物理项目、非金属项目和有机物综合指标
	《废水中有毒有机污染物的分析方法》	1976 年	测定城市和工业废水中有毒有机化合物
	《饮用水中 4 种三卤甲烷的分析方法》	1979 年	测定饮用水中氯仿、一溴二氯甲烷、二溴一氯甲烷和溴仿

在科学技术的推动下，监测仪器向自动化和现代化的方向发展，逐步形成了以 GC、气相色谱质谱联用仪(GC/MS)、AAS、电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP/AES)为代表的现代分析仪器。此外，至 20 世纪 70 年代中期，美国已在全国范围内建立了覆盖各大水系的上千个自动连续监测网点，可随时对水温、pH、浊度、COD、BOD 及总有机碳(TOC)等指标进行在线监测<sup>[13]</sup>，标志着美国进入了自动监测新时期。值得一提的是，QA/QC 在 20 世纪 70 年代得到了重大的发展。QA、QC 的概念分别出现在 1972 年在《全国水体污染物排放消除制度》和《标准检验法》(第 14 版)中<sup>[14-15]</sup>。随后，在每个标准分析方法中都自始至终贯穿了 QA/QC 的原理、思路和方法，并把 QA/QC 的内容作为标准分析方法的重要组成部分，使 QA/QC 快速迈进程序化、规范化和标准化。

#### 1.4 发达阶段

进入 20 世纪 80 年代，美国水体污染面临有毒化学物质污染、面源污染和海洋污染等新问题。面对这种情况，美国采取了一系列措施。首先，加强地下水污染物迁移转化规律、饮用水中化学物质对健康潜在危害的评价、综合性水质模型、农药转化规律及农药污染防治等科研工作。其次，采取源头削减、过程控制和终端治理相结合等强制性管理方法，严格执行相关的有毒污染物排放标准，监视污染源，惩罚违法者，追究民事和刑事责任。再者，每年支出 400 亿元用于水质监测系统的建设，至 20 世纪 90 年代，已建成一级城市污水处理厂 3 220 个、二级 25 920 个、三级 1 600 个，形成了比较完善的污水系统。此外，加强法规建设，确保水质监管有法可依。

1982 年，美国规定污水实施最佳可行处理技术(BAT)，1985 年终止一切废弃物向河流排放，1987 年确保有毒物质达标排放。

20 世纪 80 年代，美国水质监测呈现出全方位、深层次、标准化、规范化和程序化的特点：(1) 监测领域向城市污水、工业废水、饮用水、地表水、地下水和公共水域等多个领域全方位展开；(2) 以 129 种“三致”作用的优先控制污染物作为监测中心，以 200 多种有毒有机物、近 40 种金属等为监测重点；(3) 监测仪器进一步现代化和大型化；(4) QA/QC 工作达到程序化、规范化和标准化等。指导和规范这一时期水质监测工作的标准方法有 USEPA 500<sup>[16]</sup>、<sup>[17]467</sup>、<sup>[18]445-462</sup> 和 USEPA 600<sup>[17]452-478</sup>、<sup>[18]459-461</sup>、<sup>[19]</sup> 系列等。

##### 1.4.1 USEPA 500 系列

USEPA 500 系列是为确保饮用水及饮用水源的质量而制定的，隶属于 SDWA、SDWA 补充法和一级饮用水法规。该系列分析方法有 25 个，分析有机物 250 多种(见表 3)。1979 年，USEPA 首先推出 3 个测定 4 种三卤甲烷的分析方法；1986 年，SDWA 补充法要求对消毒副产物进行监管，于是，USEPA 于 1987 年推出 6 个测定挥发性有机物和消毒副产物的分析方法；1989 年推出 7 个测定各种合成有机物和农药的分析方法；随后，USEPA 于 1990 年推出 9 个分析方法，共测定 54 种有机物。由表 3 可知，USEPA 500 系列重点放在挥发性有机物、有机氯农药、多氯联苯、消毒副产物、含氯除草剂、多环芳烃和含氮、含磷农药上。

USEPA 500 系列应用了很多新的分析手段。使用 GC 分析的有 16 个，使用 GC/MS 和高效液相色谱仪

表 3 USEPA 500 系列有机物分析方法<sup>1)</sup>  
Table 3 Organic compounds analysis methods of USEPA 500 series

发布时间	方法编号	监测物种	分析仪器
1979 年	501.1		GC/电导检测器(ELCD)
	501.2	三卤甲烷	GC/电子捕获检测(ECD)
	501.3		GC/MS
1987 年	502.1	挥发性卤代烃	GC/ELCD
	502.2	挥发性有机物	GC/光离子化检测器(PID)或 GC/ELCD
	503.1	挥发性芳烃及不饱和烃	GC/PID
	504	1,1-二溴乙烷和 1,2-二溴-3-氯丙烷	GC/ECD
	524.1	挥发性有机物	GC/MS
	524.2	挥发性有机物	
	505	有机氯农药及多氯联苯	GC/ECD
508	有机氯农药		
508A	高氯化多氯联苯		
1989 年	507	含氮、磷农药	GC/氮磷检测器(NPD)
	515.1	含氯除草剂	GC/ECD
	525	半挥发性有机物	GC/MS
	531	n-甲基氨基甲酸酯和 n-甲基氨基甲酸酯	HPLC
	551	氯化消毒副产物	GC/ECD
552	卤代乙酸		
1990 年	506	酞酸酯和己二酸酯	GC/PID
	513	2,3,7,8-二噁英	GC/高分辨质谱(HRMS)
	550	多环芳烃	HPLC
	550.1	多环芳烃	
	549	杀草快、百草枯	GC/ECD
	547	草甘膦	
	548	草藻灭	

注:<sup>1)</sup>近几年还推出了几个分析非挥发性有机物的方法,因实际应用很少,故不作评论。

(HPLC)的方法各 5 个。而且,该系列方法具有很高的灵敏性和适用性。大多数有机物可以选用不同的监测方法,为条件不同的各级实验室提供了方便。值得一提的是,USEPA 500 系列特别强调 QA/QC 的建设工作,各类标准物质配备齐全,一步到位,且专门设计了现场采样和实验室工作的 QC 程序,要求操作者必须熟悉 QA/QC 的内容,确保采样及实验全过程处于受控状态。

#### 1.4.2 USEPA 600 系列

USEPA 600 系列是为贯彻《净水法》,保护地表水而制定的,共有 17 个分析方法,监测 217 种有机物,重点是 114 种优先控制有机物(见表 4)。该系列方法最早出现在 1973 年推出的《废水中污染物的分析方法》提案中,后经过几次修订后纳入联邦法律。最初只包含 15 个分析方法,后经过多位专家公开评审和实验室间的验证,又增补了 2 个新方法,即 USEPA 1624 和 USEPA 1625。由表 4 可知,分析挥发性有机物的方法有 5 个,分析半挥发性有机物的方法有 12 个。其中,用 GC 的方法 11 个,用 GC/MS 的方法 5 个,用 HPLC

的方法 2 个,既可用 GC 又可用 HPLC 的方法 1 个。值得注意的是,USEPA 600 系列中的 15 个方法(除 603 和 1624 外)都经过了 15~20 个实验室进行了方法验证,确保系列方法对不同实验的普遍适用性。

USEPA 600 系列方法具有良好的性能,各种方法的检测限都在  $\mu\text{g/L}$  或  $\text{ng/L}$  级。需要格外注意的是,各种分析方法都规定了严格的 QA/QC 程序,要求监测全过程必须有 QA 措施和规定,每个实验室应建立标准操作程序。同时,在进行水样分析之前,应进行水样的 QC 分析,其结果的相对误差应不超过 10%。总之,USEPA 600 系列集中展现了美国在这一时期 QA/QC 的最高水平。

时至今日,随着高科技的发展,美国水质监测方法更标准化和国际化,实现了现场快速及连续自动化监测分析。“3S”系统网络、核酸探针及聚合酶链式反应(PCR)技术等的应用实现了对水质的动态监测,拓宽了监测范围<sup>[20-21]</sup>。总之,美国水质监测项目逐步向痕量、超痕量化发展,分析速度逐步快速化。

表 4 USEPA 600 系列有机物分析方法<sup>1)</sup>  
Table 4 Organic compounds analysis methods of USEPA 600 series

发布时间	方法编号	监测物种	分析仪器
1979 年	601	挥发性卤代烃	GC/ELCD
	602	挥发性芳香烃	GC/PID
	603	丙烯醛和丙烯酮	GC/氢火焰离子化检测器(FID)
	604	酚类	GC/FID 或 GC/ECD
	605	联苯胺类	HPLC
	606	酰胺酯类	GC/ECD
	607	亚硝胺类	GC/NPD
	608	有机氯农药及多氯联类	GC/ECD
	609	硝基芳香胺和异佛尔酮	GC/ECD
	610	多环芳烃	GC/FID 或 HPLC
	611	氯代醚	GC/ELCD
	612	氯代烃	GC/ECD
	613	二噁英	GC/MS
	624	挥发性有机物	GC/MS
	625	半挥发性有机物	GC/MS
1984 年	1624	挥发性有机物	GC/MS
	1625	半挥发性有机物	GC/MS

注:<sup>1)</sup>近几年还推出了几个分析非挥发性有机物的方法,因实际应用很少,故不作评论;USEPA 1624 和 USEPA 1625,因标准样品价格昂贵,实际应用很少,故不作陈述。

## 2 对未来我国水质监测的建议

纵观美国水质监测发展历程,它是一个由局部范围到全国范围、被动到主动、协会主导到政府主导的过程,也是一个不断完善并日趋合理的过程。包括:(1)行业协会自发探索水质监测分析方法,开展局部范围的水质污染控制工作;(2)政府试图批准法规标准的方式在全国范围内进行水质监测;(3)政府以完善的法规标准为依据,主导全国水质污染控制工作;(4)在监测过程中逐步完善监测标准,监测工作进入标准化和规范化。经过 100 多年的发展,美国水质监测取得了突破性的进展,同时积累了丰富的先进经验,引导了国际水质监测的发展方向。

如今,水污染已成为制约我国经济社会和谐发展的瓶颈之一,只有采取积极、有效的措施,才能降低水质污染对经济社会发展的威胁,并为我国在国际水质污染的争端谈判中掌握主动权。鉴于此,借鉴美国已有的先进经验,结合我国现阶段的客观实际,未来我国的水质监测需要在以下方面加强工作:(1)环境保护部统筹考虑、统一规划全国水质监测问题,明确各部门的责任义务,真正发挥其主导作用;(2)研究发展经济、高效的监测手段,以对重金属、有机物等多项指标的全方位监测,且严格执行监测分析标准;(3)在继续加强常规项目监测的基础上,加强有毒有害成分、优先控制污染物等项目的监测研究工作,健全水质监测评价体系;(4)提高测定数据

质量要求,逐步建立与完善控制及保证数据质量的科学方法和实施程序;(5)随着经济社会的高速发展,我国水质污染呈现多种污染物复合污染的特征,污染因子时刻变化,故水质监测的相关政策也要进行及时的优化和调整。

## 参考文献:

- [1] ZHAI Xiaoyan, XIA Jun, ZHANG Yongyong. Water quality variation in the highly disturbed Huai River Basin, China from 1994 to 2005 by multi-statistical analyses[J]. Science of the Total Environment, 2014, 496: 594-606.
- [2] WAN Rongrong, CAI Shanshan, LI Hengpeng, et al. Inferring land use and land cover impact on stream water quality using a Bayesian hierarchical modeling approach in the Xitiaoxi River Watershed, China[J]. Journal of Environmental Management, 2014, 133: 1-11.
- [3] ZOU Rui, ZHANG Xiaoling, LIU Yong, et al. Uncertainty-based analysis on water quality response to water diversions for Lake Chenghai: a multiple-pattern inverse modeling approach[J]. Journal of Hydrology, 2014, 514: 1-14.
- [4] 周旺. 我国水环境监测存在的问题及相应对策[J]. 环境与生活, 2014, 67(8): 5-6.
- [5] ZHANG Chao, ANADON L D. A multi-regional input-output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China[J]. Ecological Economics, 2014, 100: 159-172.
- [6] RICE E W, BARD R D, EATON A D, et al. Standard methods for the examination of water and wastewater[M]. 13th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1976.
- [7] 曹凤中. 国外环境发展战略研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.

(下转第 97 页)

罚;造成严重后果的,可以追究其刑事责任。新《环境保护法》对于公民个人责任的分配规定十分笼统,公民因污染环境和破坏生态造成的损害依据《侵权责任法》承担侵权责任。但是《侵权责任法》对于如何承担责任以及责任的大小规定不明确。因此,有必要在法律中系统且明确地给出公民个人责任的具体规定。

### (3) 创新环境执法模式,严格企业环境风险责任

避免环境风险被社会放大,需要企业严格环境风险责任,做好环境风险监测以及信息公布等基础工作。新《环境保护法》第 60、62 条分别规定了企业超标排污以及不如实公开环境信息的法律责任。但是规定过于笼统,建议立法机关对“企业排污超标情节严重”以及不如实公开环境信息的“具体罚款数额”作出司法解释。可以适当提高最低罚款数额标准,严格企业不按规定公开环境信息的责任。此外,有必要在现有的环境执法模式上进一步创新。建议在执法手段上以信息化、市场化途径,实施环境风险管理诚信档案制度,加快实施环境污染责任保险,运用保险工具,促使企业加强环境风险管理。在执法程序上,促进跨区域、跨部门的联合执法,实现环境保护行政执法部门的协调与配合。为体现环境整体性,避免带来环境风险规制上的断裂与不协调<sup>[13]</sup>。各执法机构之间要进行充分的环境信息交流,以明确行政部门在避免环境风险社会放大中的权责,实现协调与配合。

### 参考文献:

- [1] 谭爽,胡象明.特殊重大工程项目的风险社会放大效应及启示——以日本福岛核泄露事故为例[J].北京航空航天大学学报:社会科学版,2012(2):23-27.
- [2] 张乐,童星.信息放大与社会回应:两类突发事件的比较分析[J].华中科技大学学报:社会科学版,2009(6):61-66.
- [3] 常硕峰,伍麟.风险的社会放大:特征、危害及规避措施[J].学术交流,2013(12):141-145.
- [4] 卜玉梅.风险的社会放大:框架与经验研究及启示[J].学习与实践,2009(2):120-125.
- [5] 曾睿.环境风险社会放大的网络生成与法律规制[J].重庆邮电大学学报:社会科学版,2015(2):24-31.
- [6] 李强.中石油云南炼油项目将充分尊重群众意愿[N].中国经济时报,2013-05-15(07).
- [7] 彭戈.云南:石化的冲动和谋略[N].中国经营报,2013-05-27(09).
- [8] 白雪.昆明PX项目无奈放弃之反思:公众应参与政府更应科学释疑[N].中国经济导报,2013-12-28(03).
- [9] 李春莲.中石油云南炼油项目环评被指透明度不够 PX项目只字未提引不满[N].证券日报,2013-07-01(02).

- [10] 王树生.风险分配的利益框架:松花江水污染事件的分析[J].学术探索,2007(4):62-64.
- [11] 赵鹏.风险评估中的政策、偏好及其法律规制——以食盐加碘风险评估为例的研究[J].中外法学,2014(1):28-45.
- [13] 刘超.环境风险行政规制的断裂与统合[J].法学评论,2013(3):75-82.

编辑:贺锋萍 (收稿日期:2015-05-11)

(上接第 91 页)

### 参考文献:

- [8] USEPA.Federal water pollution control act (Clean water act) [EB/OL].[2015-02-02].http://www.epa.gov/agriculture/lc-wa.html.
- [9] 吴邦灿,费龙.现代环境监测技术[M].北京:中国环境科学出版社,1999.
- [10] PB 84—128677, Methods of chemical analysis of water and wastewater[S].
- [11] USEPA.Guideline establishing test procedures for the analysis of pollutants under the clean water act[EB/OL].(2010-09-23) [2015-02-02].https://www.federalregister.gov/articles/2010/09/23/2010-20018/guidelines-establishing-test-procedures-for-the-analysis-of-pollutants-under-the-clean-water-act.
- [12] PB 89—220461, Methods for determination of organic compounds in drinking water[S].
- [13] RICE E W, BARD R D, EATON A D, et al. Standard methods for the examination of water and wastewater[M]. 15th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1985.
- [14] IBE A C, KULLENBERG G. Quality assurance/quality control (QA/QC) regime in marine pollution monitoring programmes: the GIPME perspective[J]. Marine Pollution Bulletin, 1995, 31(4): 209-213.
- [15] GUY F S. QA/QC in solid waste characterization, waste disposal monitoring and waste management practice: Quality assurance organizational-catalytic-technical[J]. Waste Management Series, 2004, 5(4): 601-616.
- [16] PB 91—231480, Methods for determination of organic compounds in drinking water[S].
- [17] 国家环境保护局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].3版.北京:中国环境科学出版社,1989.
- [18] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.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.
- [19] 詹姆斯 E 朗博顿,詹姆斯 J 利希滕伯格.城市和工业废水中有机化合物分析[M].王克欧,译.北京:学术期刊出版社,1989.
- [20] 张凤彩,焦二虎.浅析水质监测新技术的应用[J].治淮,2015(1):62-63.
- [21] DAVIS P, SULLIVAN E, MARLOW D, et al. A selection framework for infrastructure condition monitoring technologies in water and wastewater networks[J]. Expert Systems with Applications, 2013, 40(6): 1947-1958.

编辑:陈锡超 (收稿日期:2015-02-27)