

• 专论与综述 •

美国环境监测一百年历史回顾及其借鉴

王炳华 赵 明

(航天总公司第三研究院环境监测站, 北京 100074)

摘 要: 环境监测是从上世纪末由英美等发达国家首先开展的, 至今有一百多年历史。

美国科学技术高度发达, 其环境监测水平也领先于其他国家。因此从某种意义上说, 美国环境监测一百年的历程、作法和经验, 在全世界范围内都具有一定的代表性。它基本上可反映出发达国家环境监测走过的普遍道路, 并一定程度上也预示其他国家环境监测的发展方向。尤其是它的一些科学思路, 成功的做法, 先进技术(采样、前处理及分析测定技术), 高水平的标准方法系列, 质量保证/质量控制(QA/QC)科学方法等已对世界各国的环境监测工作产生很大的影响。

环境监测又同环境污染、污染治理及环保管理法规密切相关。文章在研究美国环境监测发展史的同时, 也简要回顾了百年来美国水质、空气、固体废弃物的污染形势, 污染防治与控制状况, 环保法规的建设概况等, 这将有助于人们更好地了解和掌握美国环境监测的特点、发展进程及规律。

文章在评述美国百年, 特别是近 20 年环境监测概况、成就、先进技术、科学思路和方法、成功的作法的同时, 还结合我国在该领域的发展及现状, 提出了应如何借鉴的几点见解。

关键词: 环境监测; 历史回顾; 美国

中图分类号: X 1712 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2000)06-0013-05

The Review of USA Environmental Monitoring in One Century and It's Reference to Us

WANG Bing-hua, ZHAO Ming

(The Environmental Monitoring Center, The Third Research Academy,
Chinese Aero Space Corporation, Beijing 100074, China)

Abstract: Environmental Monitoring in USA has been conducted for over a hundred years. USA is a top developed country, as known to all, it is also in the leading position in the field of environmental monitoring worldwide.

This paper reviews one hundred year history of environmental monitoring in USA and points out its characteristics and four developing periods. With focusing on the current status quo and recent major advances, the paper demonstrates the brief survey, the concise evolution, the major advances and the trends in aspects of standard analytical methodology, modern analysis technique, QA/QC program and project, basic train of thought and related laws of environmental monitoring in the time period sequence.

The development history of environmental monitoring in USA reflects the common path and the basic law and the future trends in the area of environmental monitoring for other countries to some extent.

They have significant impacted on the process of environmental monitoring in other countries.

All of these and provide reference to us.

Key words: Environmental monitoring; Historical review; USA.

1 美国环境监测进展的特点及四个发展阶段

1.1 特点

纵观美国环境监测百年历史, 从领导(指导)机构的更迭, 监测领域的拓宽, 监测项目的设置及重点的转移, 检测技术的不断更新, QA/QC 体系的逐步完善, 以及监测工作进展的整个历程等 6 个方面进行透视及分析, 可以归纳出其进展过程具有

“六先六后”的特点。

1.1.1 领导机构

先由卫生部门(如公共卫生协会, 工业卫生协

收稿日期: 2000-09-20

第一作者简介: 王炳华(1946-), 男, 山东人, 高级工程师, 研究生, 已发表论文 20 篇。

会及水污染控制协会, 空气污染控制协会, 自来水厂协会, 原子能协会)等单位牵头, 指导全国范围内的水质、空气、放射性污染的监测。历时半个多世纪后, 美国才成立国家环保局(EPA)。由EPA统一指导全美的环境监测工作。美国开展环境监测有100年了, 然而EPA成立不到30年(1970年12月成立), 而且EPA在全国范围内的水质、空气、固体废弃物的监测中真正发挥主导作用还是从70年代中后期才开始的。

1.1.2 监测领域

水质监测(从19世纪末开始) → 空气监测(20世纪初开始) → 固体废弃物监测(70年代后期开始)。

1.1.3 监测项目

常规项目监测 → 有毒有害成分监测(从50年代开始) → 优先控制的“三致毒物”(致癌、致畸、致突变)的监测(从80年代初开始)。

(1) 常规项目: 水体中的常规项目通常指在水体中较为普遍存在, 且分布较广, 含量较高的化学成分(如总量控制项目, 非金属无机物等), 以及决定水质特性和能引起人的感官直接有所感觉的项目(如物理测定项目)和细菌、微生物等。

空气中的常规项目主要指从烟囱和汽车尾气等源头排入空气中并对空气造成严重污染的那些主要有害气体及成分, 如 SO_2 , NO_x , CO , Pb , PM_{10} , HC (碳氢化合物), 等。

(2) 有毒有害成分: 在水体中一般指那些分布范围较广, 浓度一般较低, 但其急性毒性大易被水生生物富集, 且在环境中又比较稳定的化学成分。如金属, 有机氯化物, 农药, 联苯胺, 芳香族, 卤代烃, 等。

空气中的有毒有害成分除毒性大的 HCl , HF , 低分子醛、酮、酚类, 多环芳烃, 有机溶剂, 重金属等, 还包括光化学烟雾和光化学活性气体(如 O_3 , 醛, 酮类, 低分子烃类等)。

(3) 优先控制的“三致”毒物: 在水体中, 美国EPA于1979年公布了废水中129种优先控制的污染物^[1](其中有机物114种, 金属14种, 还有石棉)。

空气中, EPA于1990年确定了空气中189种优先控制的污染物^[2](卤代脂肪烃、醛、酮、醚、酚、醇、酸、酯、单环及杂环芳烃、杂环化合物。胺类、硝基及亚硝基化合物、酞酸酯、农药、无机气体、金属等)。

固体废弃物领域。EPA于80年代公布了一个清单^[3], 清单上确定了固定废弃物中有害毒物40种(8种金属, 32种有机物)。

1.1.4 分析测试手段

至40年代末, 仍以化学法为主(重量法, 容量法, 比色法), 40年代虽然分光光度法开始引进, 但应用范围仍不广泛。50年代~60年代, 分光光度法, 电化学法迅速崛起, 并逐渐起到了主导作用; 但化学法仍占据重要位置, 且不断发展与完善。70年代, 大型仪器快速引进, 至80年代已形成了以原子吸收分光光度法(AA), 原子发射分光光度法(AES), 气相色谱法(GC), 气相色谱/质谱法(GC/MS), 高效液相色谱法(HPLC), 分光光度法, 电化学法等仪器法为主的新格局。

1.1.5 QA/QC

40年代前没有QA/QC的概念, 对数据质量没有任何要求, 50年代~60年代逐步建立与完善对测定数据质量可能性的控制的方法和措施; QA/QC概念正式引入环境监测领域; 建立了完整的QA/QC科学方法和实施程序。

1.1.6 监测范围

从19世纪末到20世纪40年代以局部区域和范围的自发监测为主; 50年代~60年代在全美范围内以被动方式监测为主, 开展对空气、水质监测; 70年代在环境法规的指导下进行主动监测, 逐步形成水质、空气监测网; 80年代以后监测工作走向法规化、标准化、规范化。水、气监测网更加完善, 且建成了固体废弃物的监测网。

1.2 4个发展阶段

根据美国环境监测“六先六后”的特点, 可大致地把这百年历史划分成4个阶段。即初级阶段(从90世纪末到20世纪40年代); 发展阶段(50年代~60年代); 过渡阶段(70年代); 发达阶段(80年代以后)。

下面按照这4个阶段的顺序, 对美国环境监测领域采用的标准方法系列, 开展的测定项目、采样、前处理与分析技术、QA/QC的进展几个主要方面的问题, 进行回顾; 同时对这4个阶段所处的背景(环境状况、治理状况及立法状况等)加以概述, 并对监测与背景之间的关系作一些分析与评述。

2 初级阶段

从19世纪后期到20世纪40年代末这50多

年中,环境监测不断进展,但发展较为缓慢。这一阶段的主要特点是:(1)以常规项目的测定为主,并逐步增加了一些有毒有害物的测定。(2)监测对象主要是水质和空气。含天然水、供水、饮用水、废水,环境空气、车间空气。(3)测试手段以化学法为主。(4)对分析测定的数据没有任何QA/QC要求。(5)环境监测工作在全国范围内没有一个专门机构统一领导,而由卫生部门代管,由有关协会进行技术指导。(6)联邦政府没有颁发过任何“水法”和“空气法”,监测工作未纳入政府的法律、法规控制的范畴。(7)环境监测工作在全国范围内发展不平衡。水质监测开展比较多,进展比较大;空气监测开展很少,影响也很小;而且监测多集中在一些大城市和某些重点区域。

2.1 水质监测

2.1.1 背景

上世纪末,美国水质污染尚属早期,对环境并未构成明显危害。当时污水排放量有限,人工合成化合物进入水体的种类和数量比较少,受污染的水域范围不广,程度也较轻,当时的状况只引起少数专家门的关注。在随后的50年中,水质污染状况虽然在逐步恶化,特别是二战以后,随着化学工业,石油工业的大发展,工业废水排放量及排放污染物的种类和数量急剧增加,造成许多水域和水系污染加重,但由于天然水体纳污容量大,自净能力强,因此水体污染在全国范围内尚未发展到公害的程度。当时的水体污染仍处于自然控制状态。到40年代末,美国废水处理技术发展也较缓慢,以沉降法,过滤法,土地工程法等初级技术为主。活性污泥法虽自1914年引进美国,但其应用迟缓。总体来说,这一时期,废水处理能力很低,大部分废水未经任何处理直接排放,靠水体自身净化能力消除污染。这期间人们对水污染严重性的认识水平有所提高,但尚未达到水污染治理已迫在眉睫,已到不控制不可的程度。同时联邦政府也没有颁发任何“水法”、“水污染控制法”,以对污水进行强制性控制。

2.1.2 进展概况

19世纪80年代末,美国有关专家认识到水的分析方法需要统一化。1899年美国公共卫生协会(APHA)成立了“水的标准分析方法委员会”负责这项工作。1905年,该委员会发表了一份研究报告——《水的标准分析方法》,它就是现在已出版到第18版的那套著名的《水和废水的标准检验法》^[4]

(简称《标准检验法》)的第1版。这套标准方法不仅在美国水质检测领域具有权威性,而且近一个世纪以来,也一直受到国际水质分析界的高度重视和普遍认可。这套《标准检验法》基本上是5年修订一次,它的演变和发展反映了各个不同时期,美国水质监测开展的基本状况和水平。水质《标准检验法》既是一部水质监测的百科全书又是美国水质监测百年发展史的一部代表作(特别是本世纪70年代以前的发展史)。

下面以《标准检验法》为主线,简要回顾美国水质监测的发展史。第1版仅包括水质物理化学检验,微生物和细菌学检验两部分。主要测定项目有综合性指标(化学耗氧量—COD),非金属无机物(4种不同形态和价态的含氮化合物),水的微生物和细菌学检验及少数物理指标(感官指标和特性指标)。分析技术是化学法(重量法、容量法)和常规的细菌学检验方法。这些分析方法对于解决当时水质净化,污水处理和卫生调查中所遇到的问题,具有普遍的适用性和指导作用。通过对这些项目的检测可以大致评价水体受污染的状况,污水处理效果及水体自净状况和能力。

在随后的20年中,该《标准检验法》不断修订增补,依次推出其第2,第3,第4,第5版,增添了几个新项目,新方法,主要是增加了几种金属:铅、锡、锌、铜,并引进了比色法。但同第1版相比,整体水平提高不大,进展不快。因此第1版再加几个金属基本上反映了美国20世纪初期水质监测的概况和水平。20世纪初,废水产生量较少,水体受污染程度较轻,即使是水质分析专家也认为没有必要把水体分成天然水和污水两大类,分别进行分析测定,他们只设计了一套水质分析方法系列。

直到1925年,美国自来水厂协会(AWWA),参与了该《标准检验法》的制定工作。与APHA联合推出了第6版,书名改为《水和废水标准检验法》。第6版对原方法系列作了重大改革,拓宽了应用范围,把原来的一套分析方法演变成两套,即天然水一套,污水一套。这一重要演变强调了天然水体与污水的区别,同时也反映出美国对天然水特别是对饮用水源水质检测和供水质量的重视,同时也反映出当时水体污染已经对地表水特别是公共水体构成了一定威胁。第6版推出后,水质分析在实验室中也就划分成天然水检测和污水检测两大系统,检测项目也有所增加。

1933年《标准检验法》的第7版推出。其特点是分析对象越分越细,在第6版把水体划分为两大类的基础上,又细分成天然水、污水、工业废水、受污染水体、污泥和底泥等6大类。测定项目增至34个。其中感官指标4项(温度、浊度、颜色、气味),水质特性指标6项(蒸发残渣、悬浮物、硬度、酸度、碱度、pH),综合性指标4项(溶解氧、生物耗氧量、化学耗氧量、总有机碳),金属6种(铁、锰、铅、锡、锌、铜),无机物(含各种形态和价态的含氮化合物5种、氯化物、余氯、硫化氢、氟化物、碘化物、硼、磷酸盐等),有机物2种(酚、油)。采样中已特别强调采用多次、多点、再混合的方法以保证采集到有代表性的水样。

1935年,美国水污染协会(后改名为“污水控制联合会——WPCF”)发表了一份研究报告,题为《污水的分析方法》,该方法稍加修改,合并到《标准检验法》第8版中(1936年),使污水、排水、工业废水,各种受污染的水体、污泥和底泥的检验方法得到了很大的充实。

从1925年起,美国水质检验进入按不同水体分别进行测定的新时期,到1936年,已达到成熟与完善的程度。这种把水体分成6大类的作法,对水质检验曾发挥过重要的积极的作用。这种作法延用了半个世纪,一直到70年代中期。

从30年代中期到40年代末的15年中,美国水质分析测定项目总体变化不大,只是金属项目增加较多。这种状况从《标准检验法》第9版(1946年)可以体现出来。同1933年的第7版相比,测定项目增加了17个。其中金属9项(铬、硒、砷、镁、硅、铝、钙、钾、钠),非金属无机物5项(碳酸盐、硫酸盐、氰化氢、余氯、二氧化碳),有机物3项(丹宁酸和木质素、甲烷、消化污泥产生的挥发性有机酸)。从分析项目可以看出,当时重点仍放在水质感官项目、特性项目、非金属无机物、金属和总量控制项目上。尚未涉及到在水体中浓度虽低,但危害大的那些有毒有机物。这种状况也恰恰反映出当时美国水质污染的状况,污染控制的重点和整个社会对水污染的认识水平。

还有一件重要事情需要提一下。1947年由APHA、AWWA、WPCF 3个协会共同参加的《标准检验法》委员会正式成立并开始工作,从而把《标准检验法》的制定工作推向一个新阶段。从这时起,标准方法的选定、修改、补充都是由有经验的分析

专家组成的联合工作组进行审查,把关。新入选的标准方法大多来源于如下期刊:《JAWWA》(1873年创刊),《J Sew Ind Waste》(排水和工业废水,1928年创刊),《J W PCF》(1928年创刊),《J Ind Engi Chem》(工业工程化学,1908年创刊),《J Water and Sewage Works》(水和废水厂,1853年创刊),《J Ameri Chem, Society》(1878年创刊),《J Anal Chem》(1928年创刊),《J OAC》(1917年创刊),ASTM系列,《J Appl Spectroscopy》(应用光谱,1946年创刊)。

综观美国水质监测初期的半个多世纪的历史,可以看出,当时的总体水平是不高的,技术也是不发达的。(1)至40年代末,开展项目虽已达50项有余,其中物理指标,有机物综合指标,水质特性指标,非金属无机物,金属等各大类项目已形成规模,但有害有机物极少。(2)分析技术落后,直到30年代末,还只采用化学法(重量法,容量法,比色法)。40年代后,才逐步引入分光光度法,电化学法(玻璃电极法,电流滴定法,电解电导法,光电检测法),但仍以化学法为主。(3)测定数据的质量也存在很大问题。直到1946年《标准检验法》的第9版,也没有提及测定精密度,准确度这两个概念,更谈不上对每个具体分析方法的精密度和准确度进行量化要求了。也就是说,直到40年代末,在水质分析中,没有数据质量的概念,也没有评价数据质量的标准,更没有引入分析测定误差的概念及采取如何控制误差的方法。但为了保证数据的质量,人们还是采取了一些措施:如建立与应用统一的标准方法(如《标准检验法》)。在《标准检验法》中,明确规定:(1)采集有代表性的样品及措施(采样方法、采样容器、保存时间及条件等统一的要求)。(2)物质条件的标准化要求(如对分析仪器设备性能、规格的要求,对化学试剂、标准物质级别的严格规定等);(3)校准曲线的绘制与应用;(4)仪器的校准。从现在的观点看,上述这些措施也都是现代质量控制的基础内容。因此可以把它们看成是自发的、感性的、经验性的最基本的质量控制措施,也可以说是质量控制的酝酿阶段。但单凭这些措施,是无法保证数据质量的。因此严格地说,50年代以前,测定数据的可靠性是比较差的,但可以供参考。

2.2 空气监测

2.2.1 背景

从上世纪起,到本世纪40年代,美国空气污染

是以煤烟型为主。当时空气污染尚不够严重,且因空气污染直接急性中毒或致病的案例极为罕见,整个社会对空气污染及其危害性缺乏必要的认识,政府也没有任何立法,以控制空气污染。因空气污染引起的一些民事纠纷,政府从不介入。那时甚至认为烟囱冒出滚滚黑烟是繁荣的象征。空气监测工作由卫生部门兼管,由工业卫生协会进行一些技术指导。由于缺乏统一领导,无统一规划,又无统一的标准方法,因此长期以来空气监测作的工作很少,上述机构也没有发挥其应有的作用。

直到 1943 年,美国发生了震惊世界的洛杉矶烟雾事件,才向世人敲响了警钟。这一事件本身向人类表明了空气污染的严重后果,同时也表明了汽车型污染在一些局部地区已开始发展到公害的程度。面对这种严重的挑战,本应立即响应,迅速采取有力措施,控制污染进一步发展和继续恶化。但由于那时人们认识水平低,监测能力有限,因此直到 50 年代,才逐步弄清该事件的化学本质和发生机理。40 年代,对这次事件仅是作为一次局部的、特殊的、偶然的情况来对待和处理。随着时间的推移,事件的阴影也就逐步淡漠了。

2.2.2 监测

美国空气监测大约开始于本世纪初。但在 50 多年中进展极为缓慢,工作开展很少。总体上处于无章可循,无统一标准方法可用,无统一机构来组织的落后状态。在全国没有多大影响,也得不到社会的重视。同水质监测相比,反差太大。

本世纪初人们就认识到水体污染对人体健康会造成危害,而对空气污染的危害大约是通过 1943 年洛杉矶烟雾事件才开始感触到。

上世纪末,美国有人提出水质检测需要标准化的方法,1905 年 APHA 就推出了《水的标准分析方法》第 1 版,以后又不断充实、修订,到 1946 年已出版了第 9 版。而空气检测方法的标准化问题,直到 40 年代末也未曾有人提及,至于标准方法的问世

则是 60 年代末的事情。

本世纪初,美国曾先后对全国范围的一些水域进行污染评价和卫生调查,测定项目多达 20 多个。而在空气监测领域,对 SO₂, CO, TSP, O₃, NO_x 这些项目的调查在 40 年代末才进行,而且涉及的城市也很少。

有人估计,在美国空气监测工作要比水质监测落后 40 年,这种估计不是没有道理的。

没有全国统一的标准方法,是半个世纪来美国空气监测初期的重要特点之一。也反映出这项工作在当时处于零散的、自发的、水范围的状况。美国的有关期刊提供的一些分析测定和采样方法已能满足那时的需要。如《J Ameri Pub Health Assoc》(J APHA, 1884 年创刊),《J Ameri Ind Hyg Assoc》(美国工业卫生协会期刊, 1939 年创刊),《J Anal Chem》(分析化学期刊, 1928 年创刊),《J Ameri Chem Society》(美国化学学会期刊, 1932 年创刊),《A meri J Pub Hyg》(公共卫生期刊, 1910 年创刊)。

当时测定项目仅有 SO₂, HCl, O₃ 等少数几个;开展地区只有芝加哥,盐湖城,匹斯堡,辛辛那提这几个大城市^[5];参加的人员也不多,又无统一领导,在全国没有形成气候。分析手段主要是化学法。分光光度法是 40 年代以后才逐步应用的,但仍不够广泛。采样方法主要是液体吸收法。测定数据的质量由于受时代局限性的限制,在既无统一标准方法,又无系统的 QA/QC 程序加以保证,得到的数据只具有参考价值。

这一时期,惟一大的监测活动是发生在 40 年代的最后几年里,在底特律、辛辛那提、洛杉矶等几个大城市进行了 SO₂, CO, TSP^[6](总悬浮颗粒物)跨年度的连续监测和调查。同时在这几个城市中还开展了对 O₃, NO_x, H₂S, HF, HCl 等项目的许多测定工作。

(未完待续)

• 简讯 •

水质自动站建设工作进展顺利

2000 年 9 月 10 日至 9 月 17 日,中国环境监测总站派出 5 个考核组分赴各大流域对拟建水质自动监测站的点位进行考核。20 日,各考核组向国家环保总局作了汇报,明确了通过考核的点位,对未能认定的点位将做进一步考核认定。21 日,总局规划司在总站召开水质自动监测仪器招标议标会议,确定了仪器设备厂商。10 月 10 日,总站又向有关省环境监测站及水质自动监测站托管站下发了“关于定期上报水质自动站建设进度的通知”(总站水字[2000]055 号),以便及时掌握水质自动监测站的建设进度,保证明年一月实现全国重点流域的水质周报。

摘自中国环境监测总站《环境监测信息简报》2000 第 10 期