

• 专论与综述 •

美国环境监测一百年历史回顾及其借鉴(续四)

王炳华, 赵明

(航天机电集团公司第三研究院环境监测站, 北京 100074)

中图分类号: X-1(712)

文献标识码: A

文章编号: 1006-2009(2001)04-0013-05

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

WANG Bing-hua, ZHAO Ming

*(The Environmental Monitoring Center, The Third Research Academy,
China Aerospace Machinery and Electronics Corporation, Beijing 100074, China)*

5 发达阶段(高级阶段)

进入 80 年代, 美国环境状况有很大好转。在水环境方面, 由于废水的点源排放得到了有效控制, 河水变得越来越清洁, 湖水的富营养化问题得到了很好的解决, 全国各类水域的水质向渔业和游泳的水质要求方向发展。在空气环境方面, 由于采用了高架烟囱排放和加大控制汽车尾气排放的力度, 大幅度降低了 SO_2 、 NO_x 等常规污染物对城市及工业区的空气污染, 进一步改善了全国空气质量。在固体废弃物方面, 由于对固体废弃物特别是有害废弃物实行严格管理, 有效地扼制了有害废弃物污染环境的势头。

然而, 80 年代的环境污染形势依然严峻, 环境问题已由区域性的空气污染、水体污染、生态破坏迅速发展为全球性的环境危机。温室效应、臭氧(O_3)层破坏、酸雨等影响人类生存的全球性问题开始暴露出来。在美国, 固体废弃物的污染、水体的非点源污染、有毒化学物质的污染、地下水的污染、海洋污染、室内污染、车间空气污染等逐渐成为影响环境质量的主要问题。

在这种新的形势下, 美国对待环境问题的思路发生了重大转变, 开始着眼考虑全球性的环境问题, 考虑从整体上解决环境问题的战略, 考虑如何实现经济、环境、社会的可持续发展。解决环境污染的方针, 也由 70 年代“以治理为主”转变为“以治理为主, 以预防为重点, 以预测为方向”。80 年代

以来, 美国一方面继续加大污染控制与治理的投资力度, 1987 年, 美国用于污染控制和治理的费用是 850 亿美元, 占国民生产总值的 2%, 1991 年是 1 290 亿美元, 1995 年达到 1 600 亿美元, 2000 年约 2 050 亿美元, 占国民生产总值的 3.5%, 使固体废弃物、水体、空气中有毒化学物质的控制和综合治理取得了巨大的成效。另一方面在消除污染的对策方面, 变事后治理为事先预防, 由尾部控制逐步过渡到源头控制, 设计少污染、无污染的产品, 推广少污染、无污染的工艺, 把污染消灭在事先, 消灭在源头。环境科研的重点也发生了转移, 由“预防为主”开始向“预测为主”的方向发展。利用“模型”研究, 系统、综合地分析、评价和预测环境质量的变化, 掌握污染物质的迁移转化规律, 从而为全面规划、合理布局、综合治理、控制环境污染提供必要的技术支持, 进一步寻求解决污染的根本途径。80 年代以来, 美国环境管理体系(机构、制度)进一步加强, EPA 由最初的 3 个办公室扩展到 5 个。环境法规建设越来越完善, 已形成了一个涉及水、气、固体废弃物、有毒物质等领域的严格的全方位的防治污染的法规体系。美国还就 O_3 层保护、温室效应、酸雨等问题展开了国际间的合作。

收稿日期: 2001-07-09

第一作者简介: 王炳华(1946-), 男, 山东人, 研究员, 硕士, 已发表论文 20 篇。

这一时期,作为技术支持的环境监测工作也取得了重大进展,发生了质的飞跃,迈上了新台阶,即进入发达(高级)阶段。其特点如下:

(1) 全面开展固体废弃物的监测,首次出现对水质、空气、固体废弃物三大领域同时、全方位、多层次开展工作的新格局。

(2) 环境监测项目以有毒化学物质为重点,以优先控制的污染物(具有“三致”毒性的有机化合物和金属)为中心。废水中优先控制的污染物129种,有毒化学物质200多种;空气中优先控制的污染物191种,有毒化学物质200多种;饮用水中优先控制的污染物108种(1992年减少为85种),有毒化学物质250多种;固体废弃物中优先控制的污染物40种,有毒化学物质400多种。

(3) 分析方法全部标准化、系统化,并逐步达到法规化。在空气监测领域,EPA从1984年开始,逐步推出《空气中有毒有机物的分析方法》EPA T01~T014系列^[27](后来经过几次补充,成为现在的EPA T01~T017系列),1994年推出《环境空气中189种重点污染物的分析方法》系列^[28],1993年推出《室内空气污染物的分析方法》EPA IP1~IP10系列^[29];ISC于1987年推出《空气采样与分析方法》第3版^[30]。在水质监测领域,EPA于1984年正式推出EPA 600系列^[31]并纳入联邦法规,同年正式推出EPA 200系列^[32]并纳入联邦法规,稍后纳入PB报告,并将1987年、1989年、1990年3次推出EPA 500系列^[33]的新方法纳入联邦法规,期间“水质标准检验法委员会”从1981年相继推出《水质标准检验法》第15版~第20版^[22,34,38]。在固体废弃物领域,EPA于1986年推出《固体废弃物试验分析评价手册》EPA SW-846系列^[39],并于1987年、1990年进行了两次修改,分别推出第2版,第3版。

(4) 在环境实验室中,已经形成了以各类仪器为主体,以大型仪器(GC、GC/MS、HPLC、AA、ICP/AES等)为中心的现代化的、高效率的、性能优良的分析测试系统。

(5) 80年代,针对全球性环境问题,美国开展了全球范围的环境监测研究,特别是对O₃层、温室效应、酸雨的监测研究。80年代,美国的水质和空气自动监测系统、自动监测网进一步加强与完善,应用遥测、遥控等先进技术实时测定大范围、大面积的水体和空气污染状况并及时作出预测、预

报,并加强各种新型化学传感器的应用与研究,加强现场监测,大力研制和使用便携式分析仪器。与此同时,分布在全国十大环保区的上千个各级水质实验室,上百个以测定固体废弃物为重点的EPA合同实验室(CLP),一大批以测定空气中有毒物质为重点的空气分析中心也逐步形成了一个比自动监测网更加强大的非自动的水质、固体废弃物、空气监测网系,承担全国各类环境样品特别是有毒化合物的分析测定工作。

(6) 在环境监测领域,QA/QC的科学方法、管理体系、物质支持条件日益成熟与完善,已达到了规范化、标准化、法规化的水平。在各个不同的领域(水体、空气、固体废弃物)开发了与其配套的环境监测全过程的QA/QC程序。全过程的QA/QC程序主要包括:按环境样品的物理形态和化学性质,以及取样目的和取样设备,研制、开发了现场采样的QC(QA/QC)程序。按不同类型的分析方法(如GC、GC/MS、HPLC、AA、分光光度法、化学法等)研制、开发了实验室中分析测定过程的QC(QA/QC)程序,并在实际工作中严格实施。

(7) 在有害化合物的分析测定方面,由成分、含量测定向结构、形态、价态、区微分析、表面分析的方向发展,把环境监测的内容推向更深的层次。

5.1 空气监测

5.1.1 背景

80年代,虽然美国环境空气中的常规污染物(SO₂、NO_x、TSP等)的污染得到了有效控制,但对那些浓度低、毒性大的有毒污染物的控制很不成功。直到80年代末,纳入联邦法规的空气中控制的有毒污染物只有8种,致使污染源中大量有毒化合物毫无制约地排放,造成了环境空气的污染。在这些有毒化合物中,不少是具有“三致”毒性的,它们能长期滞留在空气中,对人体健康构成很大威胁。与常规项目污染相比,有毒化合物污染是一种感觉器官不易觉察的,更深层次的,危害性更大、更广,更难治理和预防的新型污染。

80年代,由于经济发展太快,CO₂排放量大增,引起温室效应;氟里昂的大量使用,造成O₃层破坏;采用高架烟囱排放,使空气污染物远距离输送,酸雨跨国污染,酸雨危害举世瞩目。80年代末,环境污染已由区域性的空气污染,迅速转变为O₃层破坏、温室效应、酸雨等全球性的环境危机。这种全球大气环境的污染,向各国提出了共同的挑战。

80年代美国室内空气污染开始暴露出来,特别是氡(Rn)的污染尤为严重。

面对新的污染形势,美国的对策是:

(1) 强化环境立法,以法律手段控制污染。

美国国会于1990年通过了新的“清洁空气法”^[40]补充法案。该“补充法案”主要由五大部分组成:国家新的环境空气标准;机动车和清洁燃料;酸雨的控制;保护O₃层;空气中有毒物质的控制。

(2) 为改善全球环境质量,努力加强国际间的合作和协调。

为保护O₃层,1987年美国签订了限制氟里昂使用的国际“蒙特利尔条约”;为了扼制温室效应继续恶化,承担国际大协作中应尽的责任,限制使用矿物燃料,改进燃烧工艺,使用脱硫技术,加强汽车废气排放的控制采用新燃料及新型车辆。

(3) 加大投资力度。

每年拿出250亿美元,执行“清洁空气法”补充法案。

(4) 加强环境管理。

明确规定控制污染的目标、标准、实施技术和步骤及实施的最后期限,并严格监视污染源,惩罚违法者。在有毒物质的控制方面,1992年7月,公布了189种空气中控制的污染物名单,不久又增至191种;随后又出台了有毒有机物的国家排放标准,并严格执行EPA于1979年底提出的“气泡政策”(在气泡内部实行排放总量控制)和1982年提出的排污交易政策。

(5) 加强环境科研工作。

美国环境污染的控制和环境质量的改善,是与不断采用新技术分不开的。在环境保护不同的发展阶段,科学技术都走在了前头,做好了技术储备,起了导向作用。进入80年代,大部分常见污染物的控制技术已经过关,科研机构已为100多个工业部门提供最佳实用技术。80年代环境科研的重点放在落实“预测为主”的方针上。建立预测模型,研究各种重要污染物的来源、污染物在空气中的分布、最终结果、对空气污染带来的贡献;进行新建项目的环境影响质量评价;全面进行危险品环境风险性评估以及控制室内空气污染的研究。

5.1.2 空气监测的特点与进展

80年代,美国在空气监测领域取得重大进展,空气监测逐步达到了标准化、规范化、法规化,并向环境、车间、污染源、全球大环境、室内微环境各个

领域扩展。空气监测进入更深的层次,监测重点为有毒化合物,特别是具有“三致”毒性的有毒有机物和金属;分析测试设备进一步实现大型仪器化、自动化;环境空气自动监测系统进一步完善,在70年代实时报告空气污染(6个常规项目)状况的基础上,发展到及时对污染趋势进行预测预报;一批高水平的空气污染物分析中心逐步建立;QA/QC工作达到科学化、标准化、程序化。

环境监测的标准方法系列,对环境监测起着导向和规范作用。在空气监测领域,80年代以来是以三大标准方法系列为标志的新时期。它们是ISC(美国公共卫生联合协会委员会)系列,EPA系列,NOISH系列。而影响比较大的是ISC系列和EPA系列。

1972年,ISC开始推出《空气采样与分析方法》,到1987年共推出3版。从70年代直至80年代中期,尽管NOISH系列不断推出(作为工业卫生部门的标准方法,NOISH系列具有独到之处),但在全国空气监测领域的影响力却非常有限。因为《空气采样与分析方法》第2版中的800系列——《车间空气和生物样品中化学物质的分析方法》大多是参照、选用NOISH系列中的测定方法而制订的,因此,关心和应用NOISH系列的仅是专业化的工业卫生监测人员。在环境空气监测领域,ISC的《空气采样与分析方法》可以完全取代NOISH系列。可以说从70年代直至80年代中期,ISC推出的《空气采样与分析方法》在空气监测领域中是惟一的一套在美国具有权威性的标准方法系列,它一直垄断了15年。但到80年代中期,随着3套EPA系列的推出,这种一花独秀的局面被打破了。这3套EPA系列是:以分析空气中有毒有机物为宗旨的EPA T01~T014系列;为执行“清洁空气法”补充法案,EPA于1994年推出的《环境空气中189种重点污染物分析方法》系列;以分析室内空气污染物为目标的EPA IP1~IP10系列。这3套EPA系列的开发、推出后,在空气监测领域中发挥了越来越大的作用,它规定了80年代以来空气监测的方向、主流和特点。因此可以说80年代以来,在空气监测领域中是ISC系列和EPA系列共存,且在许多领域中,后者逐步起主导作用的时期。而在工业卫生领域,NOISH标准方法系列仍然不断推出,但它在空气监测领域中的地位是不能同ISC系列、EPA系列相提并论的。

针对80年代空气监测领域的形势,现就ISC、EPA系列产生的背景及演变、特点及要点(法规化、标准化的状况,测定项目的扩展,分析手段的演变,QA/QC的进展)、应用范围及局限性、它们各自在空气监测领域中的位置及两者之间的相互关系分别介绍。

5.1.2.1 ISC系列(《空气采样与分析方法》第3版)

(1) 产生的背景。

1977年《空气采样与分析方法》第2版推出后,经过10年的试行、实践,专家们普遍认为在空气监测领域中,还需要增加某些新的测定项目及测定方法,ISC在汇总了专家们的意见并结合80年代广泛应用的一些新技术后,对第2版公布的136个方法以及10年来期刊上发表的一些新方法,进行了重新审定,使其更加成熟、完善与精炼,最终于1987年推出第3版,确定测定方法为109个。

(2) 特点及要点。

① 109个方法全部是标准方法。这109个方法是由ISC组织一批专家(实验室)进行函审,使其由原来所处的试行(或推荐)的标准方法,全部升格为正式的标准方法,这就是ISC系列《空气采样与分析方法》第3版。这套标准方法估计从颁布之日起,在20年内不会有太大的变动。这套标准方法对中国乃至世界其他各国的空气监测都有较大的影响。

② 第3版标准方法编排的结构与第2版相同。第3版还是采用第2版的ISC 100系列~ISC 800系列的基本框架。它们是:100系列含碳化合物;200系列卤素及含卤素化合物;300系列金属;400系列无机氮化合物;500系列颗粒物;600系列放射性;700系列含硫化合物;800系列车间空气和生物样品中化学物质。

③ 第3版测定项目比第2版略有增加。第2版所规定的项目有200多个:有毒有机物120个左右;金属29个;脂肪烃类(低分子量及十碳以上的)约30个;光化学活性气体(氮氧化物及氧化剂、卤素、低分子脂肪醛类等)10余个;此外还有胺类、腈化物、硫酸雾、铬酸雾、光气、恶臭气体(硫化氢、甲硫醇、氨气等)、颗粒物的物理检验、放射性检验等项目以及6个常规项目。

第3版所规定的测定项目达250个,其中新增项目是:以有机物为主,其中多环芳烃由12个增至

16个,低分子量脂肪醛也由6个增至14个,同时还新增了建筑材料表面涂层挥发性有机物。在无机物这一大类中主要新增了氨、亚硝酸盐两项。环境空气中金属的测定项目由第2版的15个增至29个,与第2版全部测定的金属项目相同。

④ 第3版在分析测定和前处理方面应用了新技术。80年代,AA法已经成为金属测定的首选方法。石墨炉-AA法在金属测定中被广泛应用,灵敏度较火焰-AA法提高了 10^3 倍。

对含金属颗粒物样品的前处理,应用微波加热-混合酸消解法。

挥发性有机物的采样、富集技术有了新的发展。进一步开拓了固体吸附剂吸附-热解吸技术的应用。该技术的配套装置已经商品化,如PE公司生产的ATD-400型自动(吸附)热脱附仪。这套由固体吸附剂进行吸附、富集-热解吸-冷阱捕集-加热挥发-GC测定组成的分析测定系统提高了空气中挥发性有机物的分析水平,极大地改善了GC分析的重现性、检测限。同时它还提高了工作效率,简化了操作程序,降低了干扰,并为空气中挥发性有机物的自动监测奠定了基础。

对于含有半挥发性有机物(如多环芳烃)的颗粒物样品的前处理,其主要改进是应用超声波提取技术。在许多情况下,超声波提取技术比索氏提取技术效率高、速度快、空白值低,并减少了溶剂消耗和二次污染。

此外还采用了一些硫的测定新技术:如气体中的 SO_2 应用脉冲荧光法;大气颗粒物中的硫应用X射线荧光法。

(3) 应用范围及局限性。

① 应用范围。ISC系列第3版应用范围很广,它不仅适用于环境空气、车间空气的分析测定,还可应用于生物样品(含人体血样、尿样)、污染源废气的采样及分析测定,目标化合物的检测范围为 $\mu\text{L}/\text{m}^3 \sim \text{L}/\text{m}^3$,跨度达6个数量级。

② 局限性。该系列所能够分析测定的环境中有毒有机物,特别是具有“三致”毒性、光化学活性的有机物的种类和数量较少。这方面与EPA T01~T14系列相比,相差甚远。

(4) 所处的位置。

ISC系列第3版自1987年颁发后与EPA T01~T14系列并驾齐驱,相互补偿。但随着1990年“清洁空气法”的颁发和空气中189种优先控制污

染物清单的公布,有毒有机物的监测和控制即成为环境空气监测的重点,EPA T01~T14 系列的地位越发重要,且起主导作用。ISC 系列第 3 版在环境空气有毒有机物监测领域已经无法与 EPA T01~T14 系列相抗衡,正逐步退出历史舞台。

(5) QA/QC 的进展。

ISC 系列第 3 版的 QA/QC 理论上更加系统化、完整化;质量保证的措施和技术支持条件的规定更加具体、规范与配套;全过程的 QC 程序进一步完善和加强。

①理论上更加系统化和完整化。第 3 版中,质量控制理论更加系统化、完整化。第 3 版进一步阐明了质量控制的基本原理和根本目的(采取一系列质量保证措施,严格执行全过程的质量控制程序,最终把误差控制在方法性能所允许的范围内,确保数据的质量),进一步强调了质量控制是通过质量控制程序来实施的,强调了设计质量控制程序的基本依据和质量控制程序的基本内容,还进一步明确了空气监测全过程质量控制程序的概念、实验室间协作研究的概念、质量控制图的概念,总结了实验室内质量控制程序的要点,充实了设计和评价质量控制程序应考虑七大要素,以及影响质量控制的六大手工操作的一些具体内容。

②规定的技术支持条件和措施更加具体。第 3 版认真总结了质量保证的经验,进一步完善了质量保证的一系列措施,严格规定和进一步完善了质量保证的各种技术支持条件。

A 规定了采样仪器与分析测定仪器的性能、技术指标以及如何对它们进行选用、校准、操作;规定了采样计划的制定原则和采样的操作步骤;规定了分析测定方案的确定原则。

B 规定了特殊设备及其他辅助设备(包括玻璃器皿)的选用、校准和操作原则。

C 规定了所需物质条件(标准气体、其他标准物质、化学试剂等)的选择标准。

D 规定了样品的贮存、运输、制备与前处理的要求和操作步骤。

E 数据记录与处理的规定。

③全过程的 QC 程序进一步完善、充实。第 3 版进一步明确了空气监测全过程的质量控制程序是由采样过程质量控制程序和分析测定过程的质量控制程序所组成。而分析测定过程的质量控制

程序是由实验室内和实验室间的质量控制程序所组成。全过程的质量控制程序是由一环扣一环的一系列子程序所组成。它包括:采样过程的质量控制程序,包括样品采集、贮存、运输的质量控制程序;分析测定过程的质量控制程序,包括样品的前处理与分析测定的质量控制程序;数据记录与处理的质量控制程序。在概念更加明确的基础上,ISC 结合基层实验室大量 QC 工作经验,使第 3 版进一步细化和完善了全过程的质量控制程序的内容,有些子程序也有了进一步的充实。如实验室内的 QC 程序,金属测定-AA 法,为确定和减少基体干扰,第 3 版提出稀释标准加入法。

④ISC 系列第 3 版 QC 程序的局限性和解决办法。

全过程的 QC 程序主要由采样过程 QC 程序和分析测定 QC 程序两部分组成。它们受采样方法和分析方法制约。

第 3 版所涉及的领域和采样方法较多(如:直接取样法,固体吸附法,液体吸收法,冷阱采样法,滤膜采样法等),把每一种采样方法都配上一套 QC 程序或设计一套通用的采样 QC 程序十分困难。

分析测定 QC 程序实际上就是实验室内的 QC 程序,它是分析仪器为龙头的 QC 程序,但是,要把实验室内的 QC 程序以分析仪器为龙头全部配套,工作量很大,而且极其繁琐。故在每一个分析方法中没有专门设计一节 QC 程序的内容,也没有附带 QC 程序的支持报告。

因此第 3 版没有 EPA 系列那样全过程(采样和分析测定)的高度标准化、规范化、系列化的 QC 程序。为解决上述问题,第 3 版在 QA 章节阐明了 QC 理论及原理,以及 QA 的技术支持条件和要求,为全过程的 QC 工作建立了一个总纲,使每一套分析方法中都贯穿 QA/QC 的原理、规定和要求。只要认真理解和贯彻总纲中的 QA/QC 的原理、规定和要求,严格按照标准方法办事,就能达到 QA/QC 的要求,保证数据的质量。

采样过程的 QC 是通过采样计划的制定,采样程序的严格执行和采样系统的流量校准和动态校准以及采集现场平行样等措施予以保证。

(未完待续)