

环境监测仪器发展现状与趋势分析

汪志国^{1,2} 齐文启²

(¹ 北京大学地球与空间科学学院 北京 100871 ² 中国环境监测总站 北京 100029)

E-mail: wangzg@cnemc.cn

摘 要 本文从实验室通用分析仪器、专用环境监测仪器、自动在线监测系统、应急监测仪器四个方面叙述了国内、外环境监测仪器的现状和发展趋势,分析了我国环境监测仪器存在的问题和“十一五”的有关需求,指出我国环境监测仪器在开发上要大量引进国外的先进技术,增强自主研发能力,提高竞争力,满足我国日益增长的环境监测工作需求。

关键词 环境监测;仪器;现状;问题;需求

中图分类号 X85

Current Situation and Development Trend Analysis of Environmental Monitoring Instruments

Wang Zhiguo^{1,2}, Qi Wenqi²

(¹Earth and space science institute of PKU, Beijing, 100871; ²China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100029, China)

Abstract In this paper, the current situation and development trend of domestic and oversea environmental monitoring instruments is analyzed from current analysis instruments, special instruments, automatic on-line monitoring system and emergency instruments. The problems of domestic instruments and the demands in the eleventh-five years are analyzed. In future, domestic instruments exploitation must greatly fetch in advanced technique, increase the researching and competing ability, so that it may meet the rising demands of environmental monitoring in China.

Key words Environmental monitoring; instruments; current situation; problems; demands

根据国家环境保护总局、国家发展和改革委员会、国家统计局于2004年在全国范围内的调查结果,我国环境监测仪器的生产企业有140余家,环境监测仪器218类,年产值40.6亿元,约占全国环保产品产值的11.3%。

根据用途不同,环境监测仪器可分为实验室通用分析仪器、专用环境监测仪器与设备、自动在线监测系统、应急监测仪器设备等四大类,现分述如下:

1 实验室通用分析仪器

原子吸收光谱法灵敏度高、干扰少、分析快速,已成为金属元素分析的最有力工具之一,建立了许多标准分析方法,在我国环境监测领域应用最多,国产仪器性能整体与国外差别不大,但石墨炉原子吸收仪性能还不够理想。二十世纪90年代以来,原子吸收仪器趋向小型化,很多新技术在原子吸收分光光度计上

得到应用,如光源部分有了复合式多元素空心阴极灯和超高强度空心阴极灯,前者可以连续测定六种元素,后者的使用寿命和强度有很大提高。原子化系统部分,采用铂铍合金或铂铑合金取代不锈钢的雾化器,具有良好的防腐蚀性能,国内采用金属套玻璃雾化器,可以达到与铂铍、铂铑雾化器相同的效果,且灵敏度可以提高80-150%,优于国外同类产品。石墨炉原子化器以横向加热取代纵向加热,降低了测定元素的原子化温度,石墨炉可视技术为研究工作大大提供了方便。自动石墨炉探针技术,提高了石墨炉测定的准确性。国外采用阴极溅射原子化器的原子吸收光谱合金分析仪,分析速度快,一次可同时测定30多种元素,既可分析固体样品,又可以分析液体样本,还能进行金属元素薄层分析。

紫外-可见分光光度计具有灵敏度和准确度高、操作简便、应用范围广的特点,大多数分光光度计都用光栅作为色散元件,随着全息光栅技术的发展与商

收稿日期:2007-06-17

作者简介:汪志国(1970-),高级工程师,从事水环境监测工作。



因此,全息光栅迅速取代一般的闪耀光栅,在检测器的配置上,从光电管、光电池发展到光电倍增管,双波长、快速扫描分光光度计等近几年发展较为迅速。

我国于 20 世纪 70 年代末期开始了原子荧光光谱的研究,先后研制成功了测定痕量汞的冷原子测汞仪;测定锰、锌、镉元素的以高强度空心阴极灯作激发光源的原子荧光光度计;测定矿物和岩石中微量砷、锑、铋等元素,以无极放电灯作激发光源的氢化物无色散原子荧光光谱仪,以及以特征空心阴极灯作为激发光源,由微机控制进行数据处理的双道、三道氢化物-原子荧光光谱仪。目前,国产氢化物原子荧光光谱仪已有出口,在水利部门,原子荧光测定 Hg、As、Se 等已列为标准方法。

红外吸收光谱法可以分析气体、液体和固体样品,可以不经过任何相的转换,直接进行分析。市场上的红外光谱仪分为通用型和专用型两种,通用型主要以傅里叶变换红外光谱仪为主,色散型在国内市场上很少见。进口的傅里叶变换红外光谱仪以美国 NI (National Instrument) 公司为最多,其次是美国 Porkin - Elner 公司的。国产的主要是北京瑞利分析仪器公司引进的美国 Analect 公司技术生产的不同型号产品,国内还生产一些中、低档的色散型红外光谱仪。专用的红外光谱仪有:近红外光谱仪、红外气体分析仪,红外油仪、红外半导体分析仪,各种工业在线红外光谱分析仪等。

ICP 等离子体发射光谱仪可用于测定除氫以外的所有元素,是最先进的光谱仪器,它精确、简捷、易用,具有较高的分析速度,使用者无需在仪器的调整上耗费时间和精力,而且仪器具有多样化的适配能力,在一台仪器上可以实现垂直、水平、双向观测、全波段覆盖等多种配制形式。大多数元素都有良好的检出限,具有较多可供选择的波长。它分析精密度高,干扰少,适合于大批量样品的金属离子分析,可实现多元素同时或顺序测定,试样处理简便。但设备价格和使用成本较高,样品一般需预先转化为溶液;有的元素存在基体效应、光谱干扰问题,灵敏度较差,氫气的消耗量较大。目前,ICP 等离子体发射光谱仪正在朝着功能更优化,结构更紧凑的方向发展,特别是在仪器控制和数据处理上向数字化、网络化的发展。

近年来,国产气相色谱仪在自动化、稳定性、可靠性方面已有很大提高,东西电子除生产实验室用气相和液相色谱外,还生产了我国首台 GC - MS 及便携式 GC - PID。离子色谱仪主要用于测定水中的无机离子,国产仪器从 20 世纪 80 年代中期进行研制,到目前已发展到全微机自动化控制。质谱仪主要应用于



无机元素的同位素分析,与色谱分离技术结合,达有机物的定性、定量分析,目前市场上所用的色-质联机大都为进口产品。就 GC 而言,目前仍以 ECD、FID 应用最为广泛,最近推出的微氫离子化检测器的使用前景应引起关注。HPLC 除紫外、荧光检测器外,二极管阵列检测器的问世给 HPLC 技术注入了新的活力。

2 专用环境监测仪器与设备

2.1 大气监测仪器

大气环境监测分为大气质量监测和污染物监测。大气质量监测仪器中,国产大、种、小流量 TSP、PM10 采样器及各种气体采样器,性能可靠性已经完全满足国内环境监测工作的需要,大气自动监测系统的污染物自动连续监测仪器基本依靠进口。大气污染物的监测中,对烟道、烟尘气中的二氧化硫、氮氧化物的监测仪器基本能够满足国内要求,某些性能甚至达到国际领先水平。对气体污染源的连续在线监测,目前已有企业研制出样品,但其准确性、适用性、可靠性尚待进一步验证。

2.2 水监测仪器

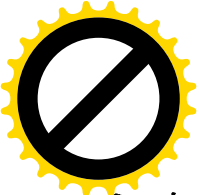
常用的 COD 测定仪在测定方法上有滴定法、库仑法、分光光度法等,这些方法均有各自的特点,可以满足不同的需求。采用膜传感器的仪器已经开始使用,比传统仪器更加迅速、快捷。BOD 测定仪的快速测定方法已上升为标准方法。我国已经制定了 TOC 的测定方法和标准,但未形成规模化生产,仪器以进口为主,价格昂贵。

氰化物测定仪中,国外已有可以测定不同形态氰化物的仪器,我国尚未有研制仪器报道。测油仪中,主要以红外法为主,其准确性、可靠性较好。

通过简单的化学反应使硫化物、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、硝氮、亚硝氮分别成为不同的气相分子,利用其对不同紫外线的吸收作用进行定量监测,称为气相分子吸收法,已列为环境监测的标准方法,商品化仪器已有出售。

2.3 物理污染监测仪器

物理污染主要指噪声、振动、电磁辐射、放射性污染等。噪声和振动监测仪器,国内产品已经可以满足市场需要。由于我国在例行监测项目中尚未包含电磁辐射的监测,故电磁辐射的监测仪器在市场上较为少见,现有的环境监测仪器,多为无线电方面的专用仪器。放射性监测仪器目前全国只有 2 个企业在少量生产。



3 自动在线监测系统^[1]

3.1 空气和废气自动监测系统

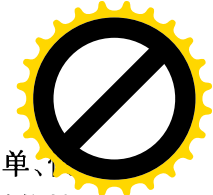
环境空气质量自动监测系统一般采用干法和湿法两种监测方法。湿法以日本技术为主,原理是库仑法和电导法,需要大量试剂,在操作时必须对试剂进行调整,对废液进行处理,较为麻烦,故障率高,维护量大,处于淘汰的边缘。干法以欧美技术为主,它基于物理光学测量原理,样品始终处于气体状态,不存在试剂损耗,维护量小,将是空气自动监测的发展趋势。

近年来,国内部分城市引进了瑞典 OPSIS 公司,美国 TE 公司,法国 ESA 公司的基于差分光谱法原理的设备来代替二氧化硫、二氧化氮、臭氧等参数的测量,除一台设备能分时测量以上三个参数外,还能测量 THC、CH₄、n-MHC、BTX 等有机污染参数。利用差分技术,可以消除大气湍流对信号的影响,消除不同污染物之间的干扰和湿度、气溶胶等的干扰,操作方便,能满足实时连续监测需要。我国已实现了 PM₁₀、SO₂、NO₂ 等项目的自动监测。

除我国目前大气环境质量常规监测项目外,大气中二恶英类、光化学氧化剂(OX)、VOCs、PM_{2.5} 是发达国家监测的热点。日本列出了大气中包括多环芳烃、农药、除草剂、有机物、重金属等 234 种污染物名录都应进行常规监测,规定了 22 中优先监测的污染物,其中有挥发性有机化合物(VOCs) 12 种,重金属等无机污染物 7 种,又增加了苯、三氯乙烯、四氯乙烯三种新规定的项目。1997 年美国已把 PM_{2.5} 列为环境质量标准,美国使用的空气污染物自动监测系统主要有红外吸收法和紫外吸收法两种,红外线测定仪用途甚广,可测定乙烯等 250 种有机污染物。

3.2 水质自动监测系统

欧洲、美国、日本、澳大利亚等均有专业厂商生产水质自动监测仪器,比较成熟的仪器有:水温、pH 值、溶解氧、电导率、浊度、氧化还原电位、流速和水位、COD、高锰酸钾指数、TOC、氨氮、总磷、总氮等。目前测定 BOD 的生物膜法已实现快速化,也可开展自动在线监测。大肠菌群的自动监测方法有生物发光、化学发光法,与实验室培养法完全不同。荧光法测定水中溶解态有机污染物,在 430nm 测定荧光强度可获得有机污染物的信息,与 260nm 测定 DOC 的 UV 法有良好的相关性,且灵敏度和精度都比 UV 法好。以生物学为原理的监测技术和仪器设备发展很快,在欧洲和北美已经使用了以生物传感器为核心的手工和自



动监测技术。生物传感器测定法具有操作简单、快速、耗资少的特点,在测定二恶英等剧毒物质时能够做到安全检测。生物分子中以酶及抗体最为常用,即酶联免疫法(ELISA)、聚合酶链式反应(PCR)、表面胞质团共振检测(SPR)等,具有灵敏度高、选择性好、试样前处理方法简单、设备价廉、操作简便、快速、能够实现自动化等优点。EPA 已颁布了 13 个水和土壤中 PCB、DDT、Hg 等污染物的 ELISA 检测方法。

3.3 噪声自动监测仪器^[2]

目前我国环境监测部门的噪声监测仪器大部分都采用具有单片机处理功能的积分统计声级计,属便携式仪器,这些声级计灵敏度随气压、温湿度而变化,影响测量精度,需要经常校准,声级计的关键部件传声器和整机不能在户外长期全天候的工作,并需避雨雪、潮湿、风沙,否则声级计的测量精度明显下降,测量误差会很大甚至停止工作。

发达国家已生产出全天候的长年能在户外进行测量的噪声自动监测系统,可进行实时监测,监测结果可包括每小时、昼间、夜间或其它任意时段的等效声级、统计声级等,能存储噪声超标事件发生的录音,以便事后识别噪声源的性质。

我国环境噪声自动连续监测系统的技术要求已纳入国家标准,国家环保总局和国家质量监督检验检疫总局在 2004 年颁布修改的《声环境质量标准及测量方法》,在测量仪器中增加环境噪声连续自动监测仪器,并要符合有关规定。北京、上海、广州等大城市目前已安装丹麦 BK 公司生产的环境噪声连续自动监测系统。国产的环境噪声连续自动监测系统已有产品。

4 应急监测仪器设备^[3,4]

4.1 国外环境应急监测

发达国家生产的应急监测仪器体积小、重量轻、分析速度快、操作简便、种类繁多,有些仪器的性能指标接近或达到实验室仪器的水平,而能源和溶剂的消耗却大大减少。国外环境常规污染物如 CO、NO、COD 等的便携式仪器早已成熟,便携式气相色谱(GC)作为现场分析仪器也已使用多年,最近又出现了声表面波检测器(SAW),又称“电子鼻”,它与快速色谱技术联用,可以对气体样品进行快速的采集和分析,样品前处理设施也正在逐渐趋于小型化,并用于野外分析,例如英国 R. Peggy 等使用超临界萃取仪现场萃取了土壤中的多环芳烃(PAH),其提取效率可达索式萃取的 80%。美国的 S. Bowadt 等也使用了同样



方,在野外对土壤样品进行了前处理,并用便携式GC测定了其中的多氯联苯(PCB)和PAH,现场分析结果与实验室经典分析方法所得结果相一致。

生物技术的应用是国外应急监测仪器发展的另一个热点。美国 O. A. Sadik 报道可以使用生物传感器对化学、生物毒物做早期预警和野外快速筛选。西班牙 J. A. Gabalon 等使用免疫试纸法测定了水中阿特拉津,检测限可达 $10\mu\text{g/L}$ 。英国 R. Peggy 使用免疫法在野外半定量测定了土壤中的 PAH,该方法作为一种可靠的筛选技术已得到确认。

4.2 我国应急监测技术

国内主要使用实验室仪器和进口检测管进行应急监测,常规污染物的便携式仪器种类不足。进口检测管虽然可以快速地环境污染物的测定,造价不高,操作安全,但所能测定的污染物种类有限,通常仅限于一些常规分析项目,如 SO_2 、 NH_3 、 CO 、 NO 、 NO_2 等,而且其重点在定性,其定量精度通常不太理想。

国内有些监测单位配备了单项快速测定仪,这些仪器大多使用特定传感器进行测定。如 Dreager 的气体检测仪,美国 REA 公司的 VOC 测定仪,美国 HACH 公司 DR/2000 型便携式水质快速分析仪等。

便携式 GC 可以进行环境中有机污染物的成分分析,是应急监测中不可缺少的工具,我国部分环境监测单位已装备了便携式 GC 和便携式 GC/MS。

5 我国环境监测仪器存在问题及发展趋势^[5]

近年来我国环境监测仪器得到了较好的发展,但与国外仪器相比仍有差距。高质量的分析仪、专用监测仪器和自动监测系统多是国外引进的,国产仪器占有的份额很小。国产仪器存在主要问题如下:

(1) 总体技术水平低,缺乏自己的核心技术。国外大型企业的研发费用一般占到企业销售总额的 5%~10%,而我国有的大型企业所占的比例还不到 1%;

(2) 产业组织结构不合理,投资分散,产业集中度低,产品的成套性较差、趋同化现象严重,规模效益差;

(3) 技术市场不规范,产品标准化程度不高;

(4) 自动在线监测仪器产品技术含量偏低,企业规模偏小,缺乏对产业起支撑作用的大企业,无法与国外产品进行竞争。尤其是烟尘烟气连续自动监测系统,自主知识产权的国产核心技术不足,核心技术或主要零部件基本依赖进口。

“十一五”期间,国家将进一步加大污染治理和生态环境建设的投资规模,为我国环境保护相关产业带来广阔的市场前景和新的发展机遇。目前全国环境空气质量监测网涉及 270 多个监测站、共 790 多个监测点。重点产品需求: SO_2 、 PM_{10} 、 NO_2 、 CO 、 O_3 分析仪等。全国酸雨监测网涉及 240 多个监测站,重点更新和增加的仪器设备包括:酸雨自动采样器、离子色谱仪、原子吸收分光光度计等。全国水环境质量监测网仪器设备需求包括:气相色谱仪、液相色谱仪和 GC/MS 分析仪等。另外,十一五预计将新建 50 个水质自动监测站。全国近岸海域海水水质监测网涉及 34 个监测站,监测仪器设备需求有 20 余种,如:营养盐自动分析仪、荧光分光光度计、原子吸收仪、原子荧光光度计、船载多功能水质监测仪、便携式多参数水质仪、深水水质采样器、高倍显微镜、超低温冰箱、高速冷冻离心机、全自动细菌分析仪、沉积物采样器、粒度分析仪、倒置显微镜、TOC 测定仪、生物采样器、便携式盐度计、浮标式水质自动监测仪等。

国家生态环境监测网络涉及 21 个监测站,将重点建设地面生态监测站的常规监测系统。全国辐射环境监测网涉及 32 个监测站,监测仪器需求有:剂量巡测仪, G_2M 计数管型剂量率仪,HPGe 谱仪,便携式 γ 谱仪,低本底 α 、 β 测量仪, α 、 β 表面沾污仪,气溶胶、降水、土壤采样器,综合场强仪,频谱分析仪等。污染物总量监测中,重点仪器设备需求有 COD、氨氮、总磷、污水流量计,以及 SO_2 、烟尘/粉尘、烟气流量计等。

我国环境监测仪器设备在自动化、连续性、可靠性、实时性与国际先进水平有一定差距,高、精、尖的分析与监测仪器仍依靠进口。环境监测仪器在开发上要大量引进国外的先进技术,要走引进、消化、吸收和国产化的道路。

参考文献

- [1] 齐文启,孙宗光,汪志国. 环境监测仪器和技术的新进展,现代科学仪器,2006,4:20-25
- [2] 孟苏北. 环境噪声自动连续监测系统在噪声监测中的作用,现代仪器,2006,(5):38-41
- [3] 刘砚华,魏复盛. 关于突发性环境污染事故应急监测[J],中国环境监测,1995,11(5):59-62
- [4] 谢红霞,胡勤海. 突发性环境污染事故应急预案系统发展探讨[J],环境污染与防治,2004,26(1):44-45
- [5] 李国刚. 中国环境监测仪器设备的技术现状与市场需求分析,现代科学仪器,2003,5:3-7