



关于环境监测分析的述评 (下)

吴 锦 曾北巍 马延林 罗秉淑 宇振东

三、国外监测网的工作

监测站的工作主要是对大气和水中各种污染物质进行分析测定。一般来说分采样和分析测定两个步骤,遥控的自动监测站还需将分析测定所得数据进行处理后向监测中心输送。

采样对掌握污染现状和制定控制措施是极为重要的第一个环节。如果试样本身没有代表性,则其分析结果就没有价值,甚至会贻误工作。因此,采样方法和装置选择十分重要。采样技术,在时间上可分为定时周期采样和连续采样两种,在地点上则可分为定点采样和流动性采样,不论是气或水,大都用自动采样方法。

下面扼要介绍大气污染监测站和水质监测站、监测中心的基本设备和工作内容。

(一) 大气污染监测站

目前,各国的大气污染自动监测站的测量项目大致相同:即 SO_2 , H_2S , CO , NO_2 , O_3 , 及烃,飘尘和一些气象参数(如风向,风速,大气温度,湿度,太阳辐射和大气压力等)。

表 1 列出了英、美、西德等国几个空气污染监测站的污染物监测项目及所用的仪器设备。

自动监测站设有自动连续取样装置,把从站顶抽进来的空气试样连续分配给各分析仪器和装置。站内设有标准气体发生器或标准混合气体储存钢瓶,由程序控制器或小型计算机控制,每经一定时间间隔(例如 8 小时或 24 小时)自动输送标准气样一次,以校正有关分析仪器。上一级监测中心站可以在需要时通过专用电话发出控制信号,使仪器进行校正。

自动监测站均配备信息遥传系统,由计算机收集所有成分的分析结果和气象参数经调制后通过电话线传送给上一级监测中心站。

自动监测站的专用小型计算机的功能是:控制站内分析仪器、取样系统、校准装备等,收集测得的数据并进行必要的处理、统计分析及故障寻索等等。

空气污染监测中心站配备的仪器设备一般有以下四方面:实验室用污染测定仪器,空气污染监测车(包括所配备的仪器装置),空气污染遥测装置(或遥测车),计算机控制和信息传送系统。

一些配备较好的空气污染监测中心站已越来越多地采用流动监测和遥测系统以弥补固定监测站的不足,如日本三重县公害中心站,据 1975 年资料,已有各种流动监测车三台,激光雷达遥测装置二套。

实验室用测定仪器。这类仪器中主要是分析仪器。如日本大阪府公害监测中心的实验室所配备的仪器是:数字式粉尘计、重油含硫量测定装置、热分析装置、原子吸收分光光度计、快速定硫仪、 SO_2 自动分析器、氮氧化物自动分析器、臭氧分析器、 CO 分析器、总烃分析器、湿度

表 1 几个空气污染自动监测站的分析项目和仪器设备

污染物监测项目	英国中央政府监测局监测站 (由华仑泉研究所管理)	美国德克萨斯州空气监测站	西德卡尔斯鲁厄空气监测站
总 硫		火焰光度式气相色谱仪 (美 Bendix 8300 型)	火焰光度式气相色谱仪 (美 Bendix 8300 型)
SO ₂	库仑滴定式(荷 Phillips Pw 9755 型)	同 上	同 上
H ₂ S		同 上	
CO ₂			红外线气体分析器 0—500 PPm; 300—500 ppm
CO	红外线气体分析器(西德 Maihak UNOR 型)	甲烷化气相色谱仪(Bendix 8200 型)	红外线气体分析器(Maihak UNOR 型) 0—50 ppm
CH ₄		同 上	
总 烃 (HC)	氢焰电离子气相色谱仪 (美 Bendix 8200 型)	同 上	氢焰电离子气相色谱仪(Simens, U100 型) 0—10 ppm, 0—1%
NO _x NO NO ₂	化学发光式(美 Bendix 产品)	化学发光式(Thenono Electron Corp. 14 型)	化学发光式(同左) 0—50 ppb; 0—5 ppm
O ₃	化学发光式(美 Bendix 产品)	化学发光式 (McMillan 1100 型)	化学发光式(美 Bendix 产品) 0—10ppb, 0—1ppm
尘 埃	滤纸收集, 每三小时切换一 次, 人工光电反射测量(每 周总测一次), 实验室人工 分析尘埃中硫酸盐(X 射 线萤光光谱仪)金属(原子 吸收分光光度计和发射光 谱仪)在华仑泉研究所分析	滤纸收集法	双光束散射光度式分析器 0—100 μg/M ³ (最小) 0—1000 mg/M ³ (最大)

计、大气污染自动测定记录仪、极谱仪、自动分光光度计、红外分光光度计、发射光谱仪、萤光光度计、X-光萤光分析器、X-光衍射分析器、气相色谱仪、液相色谱仪、质谱仪、气相色谱-质谱联用仪、核磁共振波谱仪、精密噪声频率分析器。

空气污染监测车。监测车上的仪器设备主要是分析仪器。基本上与自动监测站用的分析仪器相似。车上有分析人员,因此对仪器的自动化程度和长期稳定性的要求可以低些。此外,车上还配备一些较简单的气象仪器和数据处理装置或小型计算机。

空气污染遥测装置。空气污染遥测是门新技术,最近发展迅速,现在已成为美、英、西德等国监测空气污染的重要手段之一。

计算机控制和信息传送系统。地区污染监测中心站用的计算机比自动监测站的规模要大,附件较多。以西德拜恩周环保所为例,所用的控制计算机为美国数字设备公司的 PDP 11/45 型,它的主要功能是接收、处理和储存各监测站传送来的测量数据,作出分析报告,显示有害物质的浓度,整个监测网的功能控制,超标时自动报警等。整个控制系统备有时间程序,数据传达程序,存储程序,控制监测程序以及解析和显示程序,附件有磁带机、磁盘机、电传打字机、宽行打字机、复印机和图象显示器等。测量所得的数据可在磁盘中存放 32 天,如需要,可以随时发出指令将某一天或几天的数据显示出来。

(二) 水质污染监测站

一般水质污染监测站的监测参数有溶解氧、电导率、悬浮物、pH 和水温等五项。所以在国外一些厂家生产的成套水质自动综合测定装置其监测内容大都为此五项。各自动监测站还根据所监测水域的具体情况增加某些新的项目。如英国泰晤士河管理局李河管理处设有五个自动监测站,各站的设备大同小异。每个站的主要设备是一台水质自动综合监测仪,可测定溶解氧、pH、电导率、悬浮物、温度等五个参数,此外,还有氨和硝酸根监测器(采用氨气敏电极和硝酸根离子选择电极测定)。自动综合监测仪带有自动清洗程序,定时清洗试样管道和测量探头,因此每两月校正一次。

连续自动分析仪,主要选用能测量多种对象的离子活度计、极谱仪或伏安分析仪、光电比色式分析仪以及单参数测量的 pH 计,电导仪,测量含油量的表面反射式或紫外荧光式分析器、溶解氧分析器和光散射式浊度计等。

水污染监测中心站所用的仪器可分为:实验室用分析仪器,水污染监测船(车)及所配备的仪器装置,计算机控制和信息传送系统。有些国家还利用飞机、人造卫星装载遥测仪器进行水质污染遥测。

一般的水污染监测中心站所配备的实验室分析仪器主要有:酸度计、溶解氧测定仪、离子选择电极及离子计、自动比色式分析器、原子吸收分光光度计、极谱仪和逆向溶出伏安分析仪、总有机碳分析器、紫外分光光度计、红外分光光度计、气相色谱仪、色-质谱联用仪、高压液相色谱仪等。

水污染监测船可以对水污染情况进行流动检测,其功能和特点类似空气污染监测车。水污染监测船上除备有类似固定站的自动取样、分析仪器外,还带有一些湿化学分析用的简单设备。此外还带有浸入式水质监测仪器。例如英国电子仪器研究所生产的 8050 型浸入式水质监测仪,外形为圆筒状,内装有溶解氧测定探头和测温镍电阻,可垂放到 30 米的深度,同时测量并记录水中溶解氧和温度。测量的间隔时间为一分钟到二小时(任意设定)。测定值以数字形式打印在纸带上,消耗的功率很低,每充电一次可测 500 次以上(一般可用六星期左右)。这种浸入式测量记录仪可以设置于固定地点作数小时到数周的定点测量。也可以拖在小汽艇船尾进行巡逻检测。

(三) 计算机控制和信息传送系统

水污染监测站和监测中心站的计算机系统与空气污染监测方面的情况相似。水污染监测网的计算机控制信息传送系统以英国李河监测站与英国水研究中心间的信息传送系统为例说明如下:

所有测量得到的数据都是通过专用电话线传送的,水质监测仪器测得的数值,经过数据多路调制器传送给邮电局的调制器,这两个调制器都是由时间和闭锁装置控制的。信号经电话线传到控制中心所在的邮电局以后,经调节装置送给控制中心的电子计算机。李河五个监测站都由英国环境部所属水研究中心的一台美国德克萨斯仪器公司的 960 A 型计算机(内存 24 K 字)控制(将来将由李河管理处的同型计算机取代而构成三级管理体系)。正常情况下,计算机每小时和五个站的每一个站联系一次,除了接收,处理每个站的数据并把它存入盒式磁带机外,还可以通过邮电局的叫号装置和每一个站进行联系和控制,例如,当某一监测站的某一测量参数突然超过极限而发出报警信号时,操作人员为了验核其可靠性,可以发出一项指令,要求对有关分析仪器进行一次自动校正,随后再将分析数据传送到中心站,如这次测量结果不变,就可以认为仪器的工作状态是正常的,测量结果是可靠的。

四、国外环境污染遥测装置

目前已被采用的污染遥测装置基本上可以分为三类：光谱仪器，激光（包括可调谐激光）仪器，空中摄影装置。这三类中，以激光仪器最重要。在应用方面，大多用于空气污染监测，其次为水污染监测，也有用于固体废物污染监测。对植物生长情况的大面积遥测结果有助于早期发现水污染和空气污染及污染源。有些污染遥测装置适于地区或水域污染监测中心站采用。而有些污染遥测装置，如卫星遥测装置，至少在目前主要仅限于国家级监测中心站或有关机构采用或管理。

（一）光谱遥测仪器

属于这种类型的污染遥测仪器主要有相关光谱仪和相关干涉仪。加拿大巴林格研究公司生产的相关光谱仪是这类产品中生产最早和最有代表性的。一台仪器可同时测量大气中的 SO_2 和 NO_2 。这种仪器一般利用日光作光源，测量灵敏度为 ppm 级。在一定的特殊场合，也可采用人工光源，测量灵敏度可达 ppb 级，通常将这种仪器装载在专用小汽车上作流动性监测。工作时，将仪器的望远镜对准天空，即可测出望远镜对准的光路中 SO_2 和 NO_2 的总含量。亦可在气球或飞机上，镜头对准地面，或装在烟囱里侧（在其对面位置安装一个人工光源）以测定烟道气中 SO_2 和 NO_2 含量。

（二）激光遥测仪器：

激光成为检测空气污染的工具是从 1970 年开始的，当时日本有人提出用拉曼激光雷达探测大气污染成分。日本三菱电机公司于 1971 年试制成功世界第一台拉曼激光雷达商品。1971 年后，可调谐激光器开始用于空气污染检测。

近几年来，空气污染激光遥测技术发展很快，现已采用的这类仪器中主要有拉曼散射式，米氏散射式，吸收式和萤光式等四种。

1. 激光拉曼散射遥测仪

这是目前各种激光遥测仪中应用最成熟的一种，但因拉曼散射的信号过弱，故现在主要应用这种装置于近距离（几百米以内）的污染物或浓度较高的污染源（如烟囱出口烟雾和汽车排气）检测。这种装置适用于测量 SO_2 、 NO 、 CO 、和 H_2S 等污染气体。

2. 激光米氏散射遥测仪

米氏散射理论适于测定空气中气溶胶。通常把这种激光测量大气中组分的反射装置称为激光雷达，并把激光拉曼散射遥测仪称为拉曼激光雷达。

测量时必须对散射介质的光学特性和粒谱作出适当的假设，了解激光雷达与被测试样之间的距离，并以洁净大气作背景，测量才能取得可靠的测量数据。

3. 激光吸收遥测仪

美国环境保护局于 1976 年成功地应用地面反射激光示差吸收系统测量地球表面的臭氧含量。这种装置中设有两个激光器，其辐射频率相应于 O_3 的最大吸收带和最小吸收带。由于采用了示差方法而提高了仪器的分辨率。继此之后，现在正进一步研究应用类似装置以测量空气中 SO_2 和污染源（例如烟道气）中污染物浓度。

利用半导体可调谐激光作吸收遥测已有一些应用实例，如用电流调节的碲化铅—碲化锡半导体激光器，波长调定为 10.6 微米，检测了 NH_3 、 C_2H_4 等污染物，检测浓度极限为 3×10^{-7} ，

并曾在距离一公里处,测出浓度为 10 ppb 的污染物。可调谐硫化铅—硒化铅半导体激光器以 5.2 微米发射波长检测空气中 NO 含量。

4. 激光荧光遥测仪

美国航空和宇宙航行局制成一种红外激光荧光遥测仪,可用于测 NO, NO₂, CO, CO₂, SO₂ 或 O₃ 等污染气体。美国环境保护局应用机载紫外荧光遥测仪观测水体的油污染,水中有机污染物、农作物病害和水藻大量繁殖地点,并正研究用此装置探测受空气污染物影响的植物用荧光分析法的特征响应问题。

(三) 空中摄影装置

利用飞机或人造卫星装载的空中摄影测定装置可以取得在地面难以获得的信息。例如,将污染源的空中摄影同气象参数联系起来,就可取得定性的空气污染分布图,能描绘出局部地形对污染空气团移动的影响,能够勾画出受污染物扩散影响地理区域,有助于环境区域规划设计和建设新工业区选(地)点工作。

美国航空和宇宙航行局卫星网中包括的地球资源技术卫星“土地卫星”号,利用卫星遥测摄影技术来研究测定空气污染和其他环境污染问题,如观察植物区烟雾、固体废物、水中酸废料、污泥排放和污泥深度等。它用的感测装置包括三套光导摄像管电视摄像机,波段分别为绿色(500—600 nm)、红色(600—700 nm)和近红外(700—900 nm),以及一套四波段多谱扫描器。每次摄像复盖面积为 100 平方英里,摄像信号存在于录象带上。当此卫星接进美国航空和宇宙航行局的三个地面接收站中的任何一个时,即将信息遥传至地面。该局还将此信息分发给天文学、农学、地理学、气象学和海洋等学科的有关科研机构。此摄像装置每 18 天可将整个美国版图所及地区照遍,然后再重复拍摄。以“土地卫星 1 号”为例,这样的重复拍摄继续了一年之久。

五、国外环境污染分析仪器的发展趋势

1. 改进“空气质量标准”中规定项目的连续监测仪器,发展准确、简单、标准化、低耗费,响应快的监测方法和仪器。如臭氧监测器,希望发展只测臭氧而不是测定总氧化剂的仪器。氮氧化物监测器,目前采用分步氧化法测定结果偏低,希望寻找更高灵敏度的方法等。

2. 研究多组分的监测仪器,希望用一台仪器可监测两三个污染物,从而降低设备费用,有人提出现使用的单一组份监测仪器,往往为了排除干扰,在研究选择性过滤器上要花费很大精力,是否可以把力量放在研究同时分离与测定上,目前的研究认为,气相色谱法可以测定 CO、CO₂、碳氢化合物、过氧乙酰硝酸盐、SO₂、H₂S 等,紫外光谱法可以测定 SO₂、NO₂、O₃ (对 NO_x、NH₃ 也有可能),红外光谱法可测 CO、CO₂、O₃、过氧乙酰硝酸盐、NO_x、NO₂ 等,其他如拉曼光谱法、电子轰击光谱法、微波光谱法也是有前途的。现正在研究这些方法的实用化。

3. 开展“空气质量标准”中未规定项目的研究。随着对空气质量的研究,愈来愈多的污染物日益引起人们的重视,如大气中的甲醛、乙烯(及其他单个烃)、氯乙烯、卤代烷、烃的氧化物、亚硝胺、硫酸气溶胶、硫酸盐、硝酸气溶胶、硝酸盐、氰氢酸、痕量金属等等。需要编制这些污染物的“特征资料”,研究其分析方法及监测仪器,如现已研制出氯乙烯的连续监测仪器。

4. 对于大气中的某些微粒物,如重金属、无机盐、多环芳烃等短期内还不能进行现场分析,仍须取样用实验仪器如原子吸收分光光度计、X 光荧光光谱、液相色谱等来分析,对其研究的

重点是放在实验室仪器的操作自动化,数据处理计算机化等方面。

5. 对于排放源监测的研究,希望对不同类型的固定排放源(如发电、冶金、石油化工)选用更有针对性的监测方法和仪器,普遍感兴趣的是发展不须采样的监测技术,如就地仪器型的光学监测仪器、遥测型的长光程监测仪器等,对流动排放源、汽车、柴油机等除进一步改进 CO 、 NO_x 、THC 的监测仪器外,发展醛类、有机氧化物、臭味等的监测仪器。

6. 对大气污染遥测技术的研究主要是对已经探索的方法如激光雷达、红外吸收等进一步研究其实用化和研制装于汽车、飞机、卫星的遥测仪器。

7. 应用新原理新技术研制高灵敏低耗费的小型携带式或袖珍式大气污染监测仪器,以便用于现场监测、现场报警,或作为研究污染与人体健康关系的随身携带的个人剂量仪器。目前发展较快的有固态电化学传感器及气敏元件。固态电化学传感器的种类很多,例如西德拜耳公司研制的固态原电池法,可测 H_2S 、 SO_2 、 CO 、 NO 等灵敏度可达 ppm 级,响应时间几秒,仪器的体积仅有 $95 \times 45 \times 25 \text{ mm}^3$ (相当于一包香烟),重量仅 80 克。固态去极化法可测 ppm 级的 Cl_2 。英国煤矿安全研究所试制的固态极谱电池法可测 CO 、 SO_2 、 NO_2 等,美国研制的控制电位电化学法测 CO 的仪器已经商品化,该法还可测定 H_2S 、 NO_x 等。气敏元件的种类也很多,如电位法的膜气敏选择电极及不用膜的气隙电极可测定 SO_2 、 NH_3 、 CO_2 等。掺有金属氧化物的半导体气敏元件可测 CO 、 H_2S 、 NO_2 等。这些方法在灵敏度稳定性及使用寿命上还有待进一步发展,但从简单、小型化上是很有前途的。

8. 大型精密仪器如气相色谱-质谱-计算机联机、气相色谱-红外光谱-计算机联机用于大气污染监测,尤其是污染物组成的定性分析,日益引起重视。如美国海湾石油化工联合企业,将气相色谱-质谱仪装于流动监测车上进行环境监测。

六、几点建议

自从我国第一次环保会议以来,我国环境监测工作随着全国环保事业的发展,有了不少进展。环保监测分析仪器的研制工作取得了很大成绩,我国当前各省、市、地区的监测机构已相继建立起来,并初具规模。但是总的说来,我国的环境监测工作与水平还很不适应当前环境保护和环境科研工作的需要,与国外的技术水平相比,也有着不少的差距。因此我们建议:

1. 加强、充实全国各省市地区的环境监测站,进一步明确任务及三级监测站的分工,重点建设一些监测站,积累经验,逐步推广,带动全局。重点城市或地区在建站的基础上及早实现网络化、自动化。进一步开展环境质量调查和评价,确定排放标准和环境标准,逐步达到环境污染的预测预报。

2. 根据我国当前环境分析方法的现状,应及早实现调查及分析方法的规范化,从实际情况出发统一标准分析方法,和开展标准样的研制工作。

3. 急需加强环境分析仪器和仪器配套的研制工作,根据环境分析的特点,特别是价态、状态和结构的分析需要配备新的仪器和联机配套仪器,同时根据我国当前的实际情况,需要研制一些简易轻便,便于携带的仪器。考虑到化学分析方法在环境分析中仍占有重要的地位,所以需要改善现有的分析方法和研究新的分析方法以满足快速、多组分和提高灵敏度的要求。并且需要多生产一些可移动的环境监测装置,如大气监测车、水质监测船或监测用的飞机等。

(下转第42页)

的日益积累、质量日趋恶化而数量逐渐减少，至最后绝迹消失。但是还有某些种类、如软体动物蛤仔、四角蛤蜊，当水域环境被污染，质量变坏后，其栖息数量无明显变化，甚至仍能正常生活，表现出对有害物质具有较强的忍受能力，但是生物体内却早已积累了一定数量的有害物质。据分析，栖息于潮间带的蛤仔个体与潮下带生活个体比较，其体内酚的含量较高，为4—5倍。

在生物出现种类与数量大大下降后，生物群落结构完全改变，原来保持相对平衡的生态系统也遭到破坏。目前，只在低潮带仍出现以蛤仔为优势种的生物群落，但组成种类比较简单。

在C地潮间带水域和沉积物环境被污染后的1974—1975年调查时，第一次出现了一种小型的端足目甲壳类动物 (*Crustacea: Amphipoda*)，栖息密度最高可达5427个/米²，生活正常，有明显的繁殖现象。垂直分布范围是高潮带的第一亚带，属 β -中污水生物段，该动物的这一生态特点，为今后探索和研究重金属污染生物学指标提供了一个重要线索。

主要参考文献

- [1] 北森良之介，污染与 *Capitella* 属 (多毛类) 小头虫属之关系，内海水产研究所研究报告(日)，13 期：1—80 页 (1969)。
- [2] 北森良之介，海洋的底栖生物和水质污染，海洋科学(日) 2(9—10)：27—32 (1970)。
- [3] E. Ф. 古丽亚诺娃，刘瑞玉等，黄海潮间带生态学研究，中国科学院海洋生物研究所丛刊 1(2)：1—42 (1958)。
- [4] И. Б. 乌沙科夫、吴宝铃，黄海多毛类游走纲生态及动物地理学的研究，海洋科学集刊3：1—33(1963)。
- [5] 张玺，胶州湾海产动物采集团第一期采集报告，国立北平研究院动物学研究所中文报告汇刊 11：1—96 (1935)。
- [6] 高哲生，胶州湾无脊椎动物分布概况，学术汇刊，第三号 1—22 (1950)。
- [7] 新田忠雄，工场废水研究の問題(日)，内海区水产研究所研究报告，3：3—4 (1953)。
- [8] 范振刚，青岛潮间带底内蟹类生态及洞穴观察，海洋科学集刊 11 (11)：387—406 (1976)。
- [9] Borowotzka, M. A., J. Mar. and Freshwater Research, 23(2)：73—84 (1972)。
- [10] Gray, J. S. et al., Pollution Bulletin, 2(3)：39—43 (1971)。
- [11] Karl Holl, Water Examination, Assessment, Conditioning, Chemistry, Bacteriology, Biology, Part 3, The Biology of Water, p. 355—364。
- [12] Morre, P. G., Mar. Pollution Bull. 2(3)：37—39 (1971)。
- [13] Reish, D. T., 公共卫生报告, 70(12)：1168—1174 (1955)。
- [14] Smith, J. E., Torrey Canyon Pollution and Marine Life, 196 Cambridge V. P. (1968)。

(上接第 6 页)

4. 加强环境监测站的业务管理、培训环境监测分析人员，以保证监测分析数据的可靠性。

5. 注意引进国外先进的监测技术，适当进口必要的样机和好的监测系统，以利于研制和提高我国环境保护监测水平。

6. 积极迅速开展新技术，例如计算机、激光、遥测遥感等在环境监测中应用的研究，以当前国外先进水平为起点，在不长的时间内赶超世界先进水平，实现我国环境监测的现代化。

主要参考资料

- [1] Environmental Science and Technology, 11 (4), 352 (1977)。
- [2] Environmental Science and Technology, 11 (1), 36 (1977)。
- [3] Instrument Technology, 23 (10), 54 (1976)。
- [4] Stern, A. C., Air Pollution, III Vol. 3rd ed., Academic Press Inc., (1977)。
- [5] 社团法人计测管理协会，公害计测技术指导书(日)，(1973)。