

• 专论与综述 •

美国环境监测一百年历史回顾及其借鉴(续六)

王炳华

(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)06-0009-06

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

WANG Bing-hua

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

5.2.2.1 EPA 600 系列——城市和工业废水中有机化合物的分析方法

(1) 该方法系列最早出现在 1973 年 6 月 12 日推出的《废水中污染物的分析方法》提案中, 同年 10 月 16 日被纳入联邦法规(40 CFR Part 136), 1976 年进行了第 1 次修订。1979 年 EPA 推出了该分析方法的第 2 次提案, 也就是 EPA 600 系列

的最初版本, 并于当年 12 月 18 日将其纳入联邦法规。该提案最初包含 15 个分析方法, 后来经过 200 多位专家的公开评议和实验室间的验证, 又增补了两个新方法, 并于 1984 年 10 月被正式颁布为联邦法规(40 CFR Part 136)。

(2) EPA 600 系列包含 17 个分析方法, 分析 15 类共 217 种有机物。基本情况列于表 2。

表 2 EPA 600 系列有机物分析方法

EPA 方法	污染物种类	个数	前处理	检测器	色谱柱
601	挥发性氯代烃	29	吹扫-捕集	GC/ELCD	填充柱
602	挥发性芳香烃	7	吹扫-捕集	GC/PID	填充柱
603	丙烯醛、丙烯酮	2	吹扫-捕集	GC/FID	填充柱
604	酚类	11	液-液萃取 (衍生法)	GC/FID 或 GC/ECD	填充柱
605	联苯胺类	2	液-液萃取	HPLC	填充柱
606	酞酸酯类	6	液-液萃取	GC/ECD	填充柱
607	亚硝胺类	3	液-液萃取	GC/NPD	填充柱
608	含氯农药、多氯联苯类	26	液-液萃取	GC/ECD	填充柱
609	硝基芳香胺、异佛尔酮	4	液-液萃取	GC/ECD	填充柱
610	多环芳烃	16	液-液萃取	GC/FID 或 HPLC	填充柱
611	氯代醚	5	液-液萃取	GC/ELCD	填充柱
612	氯代烃	9	液-液萃取	GC/ECD	填充柱
613	二恶英	1	液-液萃取	GC/MS	填充柱
624	挥发性有机物	31	液-液萃取	GC/MS	填充柱
625	半挥发性有机物	72	液-液萃取	GC/MS	填充柱
1624	挥发性有机物(同位素稀释法)	66	液-液萃取	GC/MS	填充柱
1625	半挥发性有机物(同位素稀释法)	151	液-液萃取	GC/MS	填充柱

收稿日期: 2001-07-09

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

在 EPA 600 系列中,分析挥发性有机物(沸点在 200℃以下)的方法 5 个(601~ 603、624、1624),分析半挥发性有机物的方法 12 个(604~ 613、625、1625);用 GC 的方法 11 个(601~ 604、606~ 612),用 GC/MS 的方法 5 个(613、624、625、1624、1625),用 HPLC 的方法 2 个(605、610),既可用 GC、又可用 HPLC 的方法 1 个(610)。

(3) EPA 600 系列的特点:

①该系列是美国为贯彻“净水法”(CWA)、“全国水体污染物排放消除制度”(NPDES)和“许可证制度”,严格控制点源排放,保护地表水,使其免受城市和工业废水中有机物的污染而制定的。

②该系列中 15 个方法(除 603、1624)在 15 个~20 个实验室内进行了方法验证,按 Youden 法用 Youden 双标样对 6 种不同水体加标来完成验证。

③该系列分析测定的化合物达 200 多种,重点是 114 种优先控制的有机物。

④该系列尽可能应用具有高选择性、高灵敏度检测器的 GC 方法,如 GC/ECD、ELCD、PID、NPD,避免了使用 GC/MS 方法的高成本、高耗费和对技术人员的高要求。

⑤该系列所有方法都使用填充柱。填充柱经济耐用、分析速度快、柱容量大,其方法检测限一般较同类毛细管柱方法低。许多公司如美国的 Supelco INC 都推出了 EPA 600 毛细管柱系列,但在中国,填充柱仍然被广泛应用。

⑥该方法实施全过程的 QA/QC,确保测定数据的质量(代表性、完整性、准确性、精密性、可比性)。

⑦该系列方法性能好。各方法检测限都在 $\mu\text{g/L}$ 级,甚至在 ng/L 级,线性范围宽,准确度高,精密性好,加标回收质控范围宽(以确保该方法系列的适用性和可操作性)。

⑧前处理方法简便易行。对挥发性有机物采用吹扫-捕集法,方法检测限在 ng/L 级;对半挥发性有机物采用液-液萃取法,常用溶剂是二氯甲烷,用 K-D 浓缩器或微型 K-D 浓缩器浓缩,必要时进行溶剂交换。

⑨净化与分离方法灵活。应用各种净化柱,如合成硅酸镁柱、氧化铝柱和硅酸柱等净化分离样品。

⑩校准的定量方法由初期的以外标法为主逐步过渡到外标法、内标法并行,并以内标法为主。

对化合物的定性: EPA 601~ 604、606~ 611 等 10 个方法对熟悉的样品一般只用单柱定性,只有对不熟悉的样品才用双柱定性;方法 605、610 (HPLC) 必须对样品双柱定性;方法 612 需用 GC/MS 法进行样品定性。

⑪方法 1624、1625 的开发。方法 1624、1625 是从方法 624、625 演变来的,它的全部标样都是稳定的同位素标记化合物。使用这种方法,不仅可以得到更好的回收效果(准确度、精密性),而且把可以分析的挥发性有机物由 31 种增至 66 种,半挥发性有机物由 61 种增至 151 种。由于此类标样价格昂贵,所以只有当样品基体极为复杂,干扰物很多时(如下水道淤泥),才使用方法 1624、1625 测定。

(4) QA/QC。

①概况。1979 年 12 月推出的 EPA 600 系列是 20 世纪 70 年代美国在环境监测领域贯彻 QA/QC 体系的典范,集中展现了美国在这一时期 QA/QC 的最高水平。

EPA 600 系列借鉴了 20 世纪 70 年代 AOAC^[43]、ASTM^[44] 系列和《标准检验法》中 QC 的成果,是美国半个多世纪以来在水质监测领域 QA/QC 实践和经验的概括与升华。EPA 600 系列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,为每个标准分析方法开发制定了一套可操作的 QA/QC 标准程序,并将其作为标准方法的一个重要组成部分。EPA 600 系列规划了 20 世纪 80 年代水质监测 QA/QC 的蓝图,为将 20 世纪 80 年代的 QA/QC 工作推上新台阶奠定了扎实的基础。

EPA 600 系列在水质监测领域是 QA/QC 发展史上的一个里程碑,在环境监测领域是 QA/QC 宝库中的三大代表作之一。

②特点。EPA 600 系列的 QA/QC 自始至终贯穿了全过程(采样、运输、保存、前处理、分析测定、数据处理及报告)的 QA/QC 科学思路和方法。

(a) 规范了废水监测过程中必须执行的 QA 措施、规定和要求。根据分析目的和水体特点,对采样方法、采样点、采样频率、采样时间等进行优化选择;规定采样容器的材料、样品运输、保存技术和要求;规定前处理的方法、设施和要求;规定分析仪器系统(色谱和色谱柱)的性能和技术指标、玻璃器皿和化学试剂及其他材料的选用、干扰的控制(空白试验、净化、加标试验等)和方法性能(检测限、线性

范围、准确度、精密度)。

(b) EPA 600 系列还提出了一整套标准操作程序和全过程的质量控制程序,包括:样品的采集、保存和前处理,色谱操作条件、校准曲线的制作,分析测定系统的校准,数据的计算与处理等。只要严格按照方法规定的要求去操作,就能保证测定数据的质量。

(c) EPA 600 系列 QC(QA/QC) 的特色是着重开发和制定了实验室 QC(QA/QC) 标准程序,并将其作为标准方法的一个重要组成部分。每一个方法都含有 QC 或 QA/QC 章节,在方法 1624 和 1625 中,这一章是 QA/QC,在其余的 15 个方法中,这一章是 QC。EPA 600 系列全面规范了在水质监测领域用 GC 法、HPLC 法和 GC/MS 法分析有害有机物时实施实验室内 QC(QA/QC) 的要点、措施和一系列程序。

③EPA 600 系列 GC 法的 QC 标准程序简介。

(a) 实验室的能力检查。应用 EPA 600 系列方法的每一个实验室都需要建立并运行一个正式的质量控制程序,此程序的最低要求包括实验室能力的原始说明和用以评价及证明数据质量的加标样品分析。用规定的标样分别向 5 份废水样加标,按方法规定进行样品前处理和色谱分析,然后计算平均回收率、准确度、精密度、标准偏差、相对标准偏差和回收率范围(平均回收率 $\pm 2.24 \times$ 相对标准偏差)。将计算出的准确度、精密度和回收率与方法性能规定的数值比较,若在方法性能规定的范围内,则证明该实验室通过能力检查。

加标样品的分析不仅用来证明和评价实验室的能力,还用来证明水样中基体带来的干扰及整个前处理和过程均处于受控状态,以及随后的废水样品分析数据是可信的。

(b) 操作者的能力检查。将 QC 校核标样分别加到 4 份试剂水中,按照实际样品的分析程序进行前处理和 GC 分析,计算平均回收率和标准偏差,并将计算值与方法规定的 QC 校核标样的平均回收率和标准偏差的数值相比较,数据经比较合格则证明操作者通过了能力检查。

(c) 仪器分析系统校准。最初校准:用外标技术(或内标技术)及校准标样(Calibration Standard)按照标准操作程序来完成,计算校准因子及保留时间窗。例行校准:每日在样品分析前,用中等浓度的校准标样对校准曲线进行校核,判断分析系统是

否处于受控状态。

(d) 日常(例行)分析测定过程的质控。仪器分析系统的例行校准:每日在样品分析前,用中等浓度的校准标样对校准曲线进行校核,判断分析系统是否处于受控状态(将峰面积和保留时间与校准曲线的对应数值相比较,若峰面积的偏差 $< 15\%$,保留时间在时间窗内,则表明分析系统处于受控状态,可以进行分析测定工作);在样品分析完毕后,也要进行校准标样分析,对校准曲线进行校核,只有校核合格,分析数据才有效。整个分析系统的性能校核:在样品分析测定的过程中,通过对各种质控样(空白样、平行样、QC 校核标样、基体加标样、代用标样等)的分析测定,判断实验室整个分析测定系统(包括前处理系统和分析系统)是否处于受控状态。

5.2.2.2 EPA 500 系列——饮用水中有机物的分析方法

EPA 500 系列是为执行“安全饮用水法”(SDWA),确保饮用水及饮用水源的质量而制订的。迄今为止,该系列共有分析方法 25 个,分析有毒有机物 250 多种。基本情况列于表 3。

(1) EPA 500 系列的概况。

EPA 于 1979 年首先推出 3 个测定 4 种三卤甲烷的分析方法;1986 年 SDWA 补充法案颁布后,EPA 又于 1987 年 6 月推出 6 个测定挥发性有机物及消毒剂副产物的分析方法,并将其纳入联邦法规(40CFR Part 141、142、143);1989 年 5 月推出的 7 个测定各种合成有机物和农药的分析方法也被纳入联邦法规(40CFR Part 141、142、143);随后 EPA 又于 1990 年推出了另外 7 个与其配套的分析方法和 2 个分析氯化消毒剂副产物的方法,并于 1991 年将其纳入 PB 报告,这 9 个方法共测定有机物 54 种,其中绝大多数为非挥发性有机物。

在 EPA 500 系列的 25 个分析方法中,有 8 个是分析挥发性有机物的,3 个是分析氯化消毒剂副产物的(504、551、552),9 个是分析半挥发性有机物的,7 个是分析非挥发性有机物的。

在分析手段上,EPA 500 系列使用 GC 的分析方法 16 个(全部配置高选择性、高灵敏度的检测器),使用 GC/MS 的方法 5 个,使用 HPLC 的方法 5 个。使用的色谱柱:4 个方法使用填充柱,8 个方法使用毛细管柱,8 个方法两种柱子皆可选用。

表 3 EPA 500 系列饮用水中有机物分析方法基本情况

EPA 方法	发布年代/a	污染物种类	个数	前处理	检测器	色谱柱
501. 1	1979			吹扫- 捕集	GC/ELCD	
501. 2		三卤甲烷	4	液- 液萃取	GC/ECD	填充柱
501. 3					GC/MS	
502. 1	1987	挥发性卤代烷	40	吹扫- 捕集	GC/ELCD	填充柱或毛细管柱
502. 2	1987	挥发性有机物	60	吹扫- 捕集	GC/ELCD 或 GC/PID	毛细管柱
503. 1	1987	挥发性芳烃及不饱和烃	28	吹扫- 捕集	GC/PID	填充柱或毛细管柱
504	1987	1,1- 二溴乙烷 1,2- 二溴- 3- 氯丙烷	2	微萃取	GC/ECD	填充柱或毛细管柱
551	1990	氯化消毒剂副产物	18	液- 液萃取	GC/ECD	毛细管柱
552	1990	卤代乙酸	8	液- 液萃取 再衍生	GC- ECD	毛细管柱
505	1989	含氯农药及多氯联苯	24	微萃取	GC/ECD	填充柱或毛细管柱
508	1989	含氯农药	17	液- 液萃取	GC/ECD	填充柱或毛细管柱
508A	1989	高氯化多氯联苯(筛选法)	7	液- 液萃取	GC/ECD	填充柱或毛细管柱
506	1990	酞酸酯、己二酸酯	7	液- 固提取	GC/PID	毛细管柱
507	1989	含氮、磷农药	46	液- 液萃取	GC/NPD	填充柱或毛细管柱
513	1990	2,3, 7, 8- 二恶英	1	液- 液萃取	GC/HRMS	毛细管柱
515. 1	1989	含氯除草剂	16	液- 液萃取	GC/ECD	填充柱或毛细管柱
524. 1	1987	挥发性有机物	48	吹扫- 捕集	GC/MS	填充柱
524. 2	1987	挥发性有机物	60	吹扫- 捕集	GC/MS	毛细管柱
525 或 525. 1	1989	半挥发性有机物	43	液- 液萃取	GC/MS	毛细管柱
531	1989	n- 甲基氨基甲酸酯 n- 甲基氨基甲酸酯	10	直接进样	HPLC	
550	1990	多环芳烃	16	液- 液萃取	HPLC	
550. 1	1990	多环芳烃	16	液- 固提取	HPLC	
549	1990	杀早快百草枯	2	液- 固提取	HPLC	
547	1990	草甘磷	1	直接进样	HPLC	
548	1990	草藻灭	1	液- 固提取	GC/ECD	

样品的前处理方法: 分析挥发性有机物的方法中有 6 个采用吹扫- 捕集法, 1 个采用微萃取法; 分析半挥发性和非挥发性有机物的方法中有 9 个采用液- 液萃取法, 1 个采用微萃取法, 4 个采用液- 固提取法, 2 个采用直接进样法。

(2) EPA 500 系列的特点。

EPA 500 系列隶属于 SDWA (1974)、SDWA 补充法案(1986) 和“国家一级饮用水法案”(National Primary Drinking Water Regulations), 这就决定了它的下列特点:

①该系列测定的主要污染物名单是按照这两个法规确定的, 重点为挥发性有机物(60 种), 含氯农药、多氯联苯(24 种), 氯化消毒剂副产物(32 种), 含氯除草剂和含磷、含氮农药(64 种), 多环芳烃(16 种)。

②该系列应用了许多新技术。如 20 世纪 80 年代末被纳入联邦法规的 13 个分析方法采用填充柱与毛细管柱, 而 1990 年 7 月 EPA 推出的 9 个最新方法(GC 法) 一律采用高柱效、高分辨率、通用性较强的毛细管柱; 4 个方法的样品前处理已采用液- 固提取法, 这对传统的液- 液萃取法无疑是一场挑战; HPLC 得到越来越多的应用, SDWA 补充法案(1986) 中规定的 83 种污染物有相当一部分是非挥发性有机物, 这就为 HPLC 的应用提供了广阔的前景。

③该系列具有很强的灵活性和适应性。大约有 200 个化合物可以选用两种或两种以上的方法测定, 其中有 50 个化合物甚至可以选用 4 种不同的方法测定, 这就为实验室和操作人员提供了很大的

选择余地,也使该系列在不同装备的实验室都能得到应用。

④由于EPA 500系列于20世纪80年代后期才逐步被纳入联邦法规,因此其QA/QC水平高并一步到位。

⑤该系列中的各个方法都是相对独立的。任何一个方法都是一个完整的文件,都可以单独使用,从该系列中抽掉任何一个方法,对其他方法和整个手册(整套系列)都不会产生影响。技术术语的定义在整个系列中都是统一的,便于操作者理解和应用,特别是对QC部分的理解和应用。

⑥EPA 500系列分析的对象是饮用水和饮用水源,这类水样基体洁净,有机污染物浓度低,基体干扰基本可以忽略,因此EPA 500系列具有许多和EPA 600系列不同的特点:

(a) EPA 500系列方法的检测限(MDL)一般是EPA 600系列中方法检测限的1/10左右。

(b) EPA 500系列是针对比较洁净的水样(饮用水、地下水、地表水)开发的,有些方法仅用试剂水和饮用水验证过。方法性能指标的测定一般由一个实验室完成,对实验室试剂空白、实验室强化空白(Laboratory Fortified Blank)、天然泉水、人工合成水体等4种不同水体进行平行(或重复)测定,计算准确度和精密度。

(c) EPA 500系列各个方法的目标化合物的回收率允许范围都是70%~130%。

(d) 采用EPA 500系列中的方法制备样品一般不需要净化处理。

(3) EPA 500系列的QA/QC概况。

饮用水监测是20世纪80年代以来美国水质监测的重点之一。饮用水的质量直接影响人体健康,水质要求高,因此它的QA目标高。饮用水基体洁净,目标化合物含量一般在 $\mu\text{g}/\text{L}$ 级,甚至于 ng/L 级,从采样到分析测定全过程受周围环境影响很大,采样现场、运输过程、存储环境、实验室环境、玻璃器皿、试剂、试剂水等对水样的污染和交叉污染不可忽视。针对这一特点,EPA 500系列特别强调现场采样的QA/QC工作,并设计专门的QC程序(现场空白、现场平行样、现场加标样),确保采样过程处于受控状态。EPA 500系列是20世纪80年代后期才逐步开发并被纳入联邦法规的,其QA/QC措施更加完善,各类标准物质(标样)配备齐全,一步到位。

(4) EPA 500系列QC标准程序简介和评述——以方法EPA 507(GC法)为例。

①实验室能力的证明。对应用EPA 500系列方法的实验室能力的最低要求是每个实验室都需要建立并运行一个正式的QC程序,此程序的最低要求包括实验室能力的原始说明以及对用以证明实验室能力的实验室强化空白的分析。当实验室使用一种新的、不熟悉的方法分析测定未知样时,必须测定实验室强化空白,该空白是将质控样加到试剂水中配置而成的。实验室强化空白的分析不仅用来证明和评价实验室的能力,还用来证明整个前处理和分析过程均处于受控状态,以及随后的水样分析数据是可信的。

②分析系统校准。

(a) 分析系统的最初校准:用外标技术(或内标技术)及校准标样进行校准,计算校准因子及保留时间窗。

(b) 分析系统的性能校准:在样品分析测定之前进行分析系统的性能校准,通过对实验室性能校核标样的分析,确定分析系统是稳定的,处于受控状态的。

③日常(例行)分析测定过程的质控。

(a) 每日进行GC分析前,分析一个系统性能校核标样,以核查分析系统是否处于受控状态;同时选用一个校准标样进行校准曲线的例行校准,待进一步确认分析系统处于受控状态后,再开始分析测定工作。每分析10个样品和在所有样品分析测定结束之后,应再次分析校准标样,确保测定数据的有效性。

(b) 分析每一批样品时都要求做空白样(实验室空白和现场空白),以评价采样过程及前处理过程中污染及交叉污染产生的干扰是否处于受控状态;做平行样-Duplicate sample(实验室平行样和现场平行样),以评估采样及分析测定过程的准确度和精密度,证明它们处于受控状态;做实验室强化空白,以评估实验室前处理和分析测定整个过程的准确度和精密度,证明它们处于受控状态;做实验室强化样(Laboratory Fortified Sample Matrix),计算每个目标化合物的加标回收率,以证明水样基体对目标化合物测定的干扰处于受控状态。有的方法还用代用标样,当样品很多时,按方法规定的比例,确定标样的测定频次。

展望:美国EPA直属的辛辛拿提实验中心负

责开发,制定了 EPA 600 系列和 EPA 500 系列,并且一直调查、研究这两大系列的应用情况。早在 20 世纪 90 年代初 EPA 就有了下列想法:(1)重新修订 EPA 600 系列和 EPA 500 系列,该淘汰的淘汰,该合并的合并;(2)今后开发的新方法(GC 法、GC/MS 法)一律使用毛细管柱;(3)测定有机物的范围由挥发性有机物和半挥发性有机物进一步向非挥发性有机物方向扩展;(4)今后任何一个新方法在颁布时都必须规定其废止日期,不可搞终身制。

5.2.2.3 EPA 200 系列——金属的分析方法

EPA 200 系列^[32]是美国 EPA《水和废水化学分析方法》^[23]的一个子系列,是美国水质实验室应用的一套重要标准方法。该方法于 1979 年推出,隶属于 SDWA 和 CWA,后经过两次修订,于 1984 年被纳入 PB 报告。EPA 200 系列共有分析方法 52 个,可分析的金属达 35 种,这在 20 世纪 80 年代中期,是其他同类方法无法比拟的。

该系列的主要特点如下:

(1)应用范围广。它不仅适用于废水和饮用水,还适用于固体废弃物,而由美国公共卫生协会等部门联合制定的《水和废水标准检验法》^[22]中的第 300 章——金属的测定方法系列和中国国家环保局制定的《水和废水监测分析方法》^[45]中的第五章——金属化合物的测定系列都仅仅适用于废水。

(2)测定手段先进。应用电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)能同时、连续测定多种金属,方法性能好,灵敏度高,检测限与石墨炉-原子吸收法相近。

广泛应用石墨炉技术。EPA 200 系列可测定金属 35 种,其中应用石墨炉技术测定的达 30 种。石墨炉技术灵敏度高,尤其适用于饮用水中金属的测定。

35 种金属中有 33 种用原子吸收法测定,只有硼(B)用库仑法测定,汞(Hg)用冷原子吸收法测定。

《水和废水标准检验法》和《水和废水监测分析方法》中金属的测定皆未采用 ICP-AES 技术,石墨炉技术也极少采用,而是大量采用火焰-原子吸收法、分光光度法、电化学法和化学法。

(3)前处理方法简单实用,便于掌握。饮用水一般不需要前处理,其他水体尽管其分析目的不同(如可溶金属、悬浮性金属、总金属、总可回收金属等),但前处理方法基本相同。而另外那两套方法^[22,45]中推出了 4 种~5 种样品消解方法,给方法标准化带来了困难。

(4)校准方法灵活。除了用校准标样绘制校准曲线进行校准外,还可采用标准加入校准法,该法适用于基体复杂的水体中金属的分析。

(5)EPA 200 系列在美国应用广泛。不仅地区性水质实验室用它,合同实验室测定固体废弃物中金属时也用它,它是惟一的一套被纳入 PB 报告的金屬分析方法。

(6)该方法最后定稿于 1983 年 3 月,后来再未修改过,因此局限性也很明显,主要表现在:QC 不完善,只制定了饮用水中金属分析的 QC 程序,未制定其他水体及固体废弃物中金属分析的 QC 程序;对固体废弃物样品(主要指油样、固体样)的前处理没有提出有效的方法。EPA 200 系列在这两点上与不断补充、发展、完善的 EPA SW-846 方法中的 7000 系列相比是有明显差距的,因此必须不断修订和充实新方法、新技术,才能永保其先进性和生命力。

(未完待续)

本栏目责任编辑 聂明浩 姚朝英

• 简讯 •

中法城市空气质量研讨会在上海召开

由法国国家科研中心、上海市环境保护局和同济大学等单位联合举办的中法城市空气质量研讨会于 2001 年 11 月 14 日~16 日在同济大学召开。会议的议题包括:城市空气污染监测网络和污染源调查,空气质量测试方法和仪器,城市空气污染物的扩散传输和空气质量预报模型,污染源减排和空气污染净化工艺以及空气污染控制设备技术展示交流共 5 个方面。

江苏省环境监测中心的技术人员就《江苏省环境空气自动监测网络的布设研究》这一课题与法国 15 位科学家、工业界代表以及来自上海市环境保护局、上海环境科学研究院和同济大学的专家们进行了交流。

司 蔚