

· 专论与综述 ·

烟气排放连续监测技术的发展及应用前景

朱法华¹, 李辉^{1,2}, 邱曙光³

(1 国电环境保护研究院, 江苏 南京 210031; 2 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044; 3 南京国电环保设备有限公司, 江苏 南京 210044)

摘要: 回顾了烟气排放连续监测系统及其分析技术的发展与应用历程, 对直接测量法、抽取测量法和遥感测量法等 3 种主要连续监测技术的应用情况、技术特点进行了介绍和对比分析。指出烟气连续监测技术有由抽取测量法向直接测量法发展的趋势, 进而向遥感测量法发展; 分析技术则以光学技术为主导, 向全谱分析和线状光谱技术方向发展; 测量范围逐渐向低浓度发展, 追求更高的准确度和精密密度; 监测因子更多, 除常规烟尘、SO₂、NO_x 外, CO₂、H₂S、HCl、HF、Hg 等物质也将逐步纳入监测范围; 技术可靠、系统简洁、操作简便连续监测技术的发展方向, 具有广阔的应用前景。

关键词: 烟气排放连续监测系统; 直接测量法; 抽取测量法; 遥感测量法

中图分类号: X 84 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2010)04-0010-05

Development and Application of Continuous Emission Monitoring Technology

ZHU Fa-hua¹, LI Hu^{1,2}, QIU Shu-guang³

(1 State Power Environmental Protection Research Institute, Nanjing, Jiangsu 210031, China; 2 School of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China; 3 Nanjing Guodian Environmental Protection Equipment Co. Ltd, Nanjing, Jiangsu 210044, China)

Abstract The development and application of Continuous Emission Monitoring System (CEMS) and its analytical technology were reviewed. The application and technical characteristics of the three continuous monitoring technologies (In-Situ, Extractive, and Remote) were introduced and compared. It was trend for continuous emission monitoring technology from the extractive technique to the In-Situ and then to the Remote. The optical technology would be the dominant analytical techniques, especially the full spectrum and linear spectroscopy analysis. The measuring would gradually reach low concentration and obtain high accuracy and precision. Except dust emission, SO₂ and NO_x, more factors included in the monitoring such as CO₂, H₂S, HCl, HF, Hg and other pollutants. The technology represented direction of CEMS development and had broad prospects with advantage of simple system, easy operation and reliability.

Key words CEMS; In-Situ measurement; Extractive measurement; Remote measurement

烟气排放连续监测系统 (Continuous Emission Monitoring System, 简称 CEMS) 产生于 20 世纪 70 年代, 80 年代进入我国火力发电行业安装使用^[1], 截止到 2009 年底全国已安装上万套。烟气排放连续监测在国外历经近 40 年的发展, 已形成多种成熟的监测技术, 在我国也得到了全面提升, 尤其是国家环境保护部推动国控重点污染源安装建设污染源监控系统以来, 整体推动了烟气排放连续监测

技术的发展, 先进准确的监测仪器、科学有效的监测方法为环保部门在烟气排放排污登记、总量考核、监察快速反应等方面奠定了科学基础。随着我国对重点污染源烟气排放控制的日益严格, 与之相适应的烟气排放连续监测技术仍将具有较大的发

收稿日期: 2010-04-09 修订日期: 2010-05-10

作者简介: 朱法华 (1966-), 男, 江苏灌南人, 教授级高级工程师, 博士, 从事电力环境保护技术与政策等方面的研究。

展空间和良好的应用前景。

1 国内外 CEMS 及其分析技术的发展

1.1 CEMS 的发展与应用

20 世纪 60 年代末, 德国、美国设计生产了测量高浓度气体的环境分析仪及将探头直接插入烟道测量的现场分析仪, 德国的不透明度光学系统和美国的荧光检测等技术, 为实现 CEMS 奠定了技术基础。

美国第一台 CEMS 出现于 1971 年, 随后 CEMS 制造业停滞不前, 直到 1975 年末美国国家环保局制定了 CEMS 性能的技术指标, 并规定在某些排放源安装 CEMS 后, 才逐渐得以广泛应用^[2]。一般认为原联邦德国对大气污染物的控制始于 1974 年 4 月 1 日《联邦扩散防治法》的实施, 同年 8 月 24 日《大气质量控制技术指南》的发布标志着 SO₂ 排放管理具体实施的开始, 该指南明确规定 SO₂ 排放量超过 100 kg/h 的装置需安装一套 SO₂ 连续测量仪。

我国在 20 世纪 70 年代初期, 认识到需要采用比手工采样更方便、快捷的方法来测量烟气中的污染物, 1986 年广东沙角 B 发电厂从日本引进了首台火电厂烟气连续监测系统^[1]。20 世纪 80 年代末和 90 年代初期, 我国开始着手 CEMS 的自主研发和生产。1996 年修订颁布的《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223-1996) 要求 II 时段及部分特定地区的火电厂安装 CEMS。2003 年修订颁布的《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223-2003) 规定所有火力发电锅炉都必须按照《火电厂烟气排放连续监测技术规范》(HJ/T 75-2001) [现修订为《固定污染源烟气排放连续监测技术规范》(HJ/T 75-2007)] 的要求, 装设烟气排放连续监测仪器。在此背景下, 国内涌现出南京国电环保设备有限公司、上海发电设备成套设计研究院、中绿环保技术有限公司等具有 CEMS 研制和生产能力的机构和企业, 开发出具有自主知识产权的 CEMS 设备, 推动了国产 CEMS 的发展与应用。

1.2 CEMS 分析技术的发展

烟气排放连续监测的对象主要包括烟尘(颗粒物)、SO₂、NO_x 等气态污染物和温室气体及温度、流速、压力、湿度、氧量等烟气排放参数。

烟尘测试由跨烟道不透明度测尘仪、β 射线测尘仪发展到插入式向后散射红外光或激光测尘仪,

以及前散射、侧散射、电量测尘仪等。SO₂、NO_x 监测经历了直接抽取测定, 用转子流量计控制烟气稀释比, 然后用环境空气分析仪测定, 到采用“稀释探头”技术, 实现了稳定的稀释比, 检测技术日臻完善。烟气排放参数测量已有多种成熟的方法。随着对全球气候变暖的日益关注, 对以 CO₂ 为主的温室气体的监测将会受到重视。新光源、新材料的应用大大提高了仪器的使用寿命, 仪器安装、操作与维护更加简便, 性能越来越稳定, 计算机的应用显著提高了仪器的自诊水平和自动化程度。目前 CEMS 分析仪对监测对象的主要分析方法见表 1。

表 1 目前 CEMS 分析仪对监测对象的主要分析方法
Table 1 Present CEMS analyzers of analytical methods for monitoring items

监测项目	主要分析方法
烟尘(颗粒物)	不透明度法、散射法、闪烁法、电量法、β 射线吸收法等
气态污染物	SO ₂ 紫外荧光法、红外吸收法、紫外吸收法、干涉分光法、溶液电导法、定电位电解法等
	NO _x 化学发光法、红外吸收法、紫外吸收法、定电位电解法等
温室气体	CO ₂ 红外吸收法等
烟气排放参数	温度 热电偶温度计、热电阻温度计、红外线测温仪等
	湿度 湿度传感器、测氧计算法、红外吸收法等
	流速 压差传感法、热传感法、超声波法等
	压力 压力传感器法等
	氧量 氧化锆(ZrO)法、顺磁气式法等

国外基于上述分析方法的烟气分析仪器相对比较成熟, 我国在 20 世纪 90 年代后期, 基于定电位电解法、紫外吸收法、紫外荧光法、DOAS 法^[3] 烟气污染物产品测量仪器的研制和产品化也取得了一定的进展, 并成功实现了工业化。就分析技术本身而言, 目前我国所掌握的技术不逊色于发达国家, 但在使用细节上与欧美还有一定差距。在其他有害物质如 H₂S、HC_l、HF、Hg^[4] 等在线监测方面, 目前我国的技术尚处于起步阶段, 安装使用的仪器较少, 主要依赖于引进国外技术。

2 CEMS 主要技术的现状与发展

CEMS 由烟尘监测子系统、气态污染物监测子系统、烟气排放参数测试子系统及其他相关的配套

子系统组成,其早期的焦点问题是作为核心部件的气体组分分析仪能否用于源排放监测,然而经使用发现,将气体向分析仪输送过程中出现的问题才是造成检测结果不准确的根源。烟气从采样探头到分析仪的传输过程主要取决于采样方式,根据取样方式不同,CEMS 主要可分为直接测量、抽取式测量和遥感测量 3 种技术。

2.1 直接测量法

直接测量法又称在线式测量法(In-Situ),由直接安装在烟囱或烟道上的监测系统对烟气实时测量(不需要抽取烟气)。

直接测量法分为点测量和线测量两种。传感器安装在探头端部,探头直接插入烟道,使用电化学或光电传感器,测量较小范围内的污染物浓度,即点测量;传感器和探头直接安装在烟道或管道上,利用光谱分析技术(红外/紫外/差分光学吸收光谱)或激光技术对被测对象长距离直接在线测量,即线测量。目前的直接测量技术主要基于光学和光谱学,如紫外波段的差分吸收光谱技术(DOAS)、可调谐二极管激光吸收光谱技术(TD-LAS)和差分吸收激光雷达技术(DIAL)等。

直接测量法的最大特点是无需取样,不需要对样品气体进行复杂的预处理,避免了对被测对象“场”的破坏,同时可以避免组分之间的相互干扰。直接测量法将烟道或烟囱作为测量的样品池,测量的是现实工况下的即时烟气,其测量数据最具代表性。

目前,我国使用的探头开放式直接测量系统不能像抽取系统一样,直接导入校准气体到测量室标定,但可用仪器内部或外部的气体流通室导入校准气体标定,标定方法与欧洲标定直接测量系统的方法一致,在欧洲可用滤光器代替校准气体对直接测量系统标定。现有的《固定污染源烟气排放连续监测技术规范》(HJ/T 75-2007)明确规定,对直接测量法气态污染物 CEMS 可使用校准装置通入标准气体对监测系统标定,以确保仪器所获数据的准确性^[5]和可靠性等。另外,监测系统由于受安装现场热力、腐蚀、振动和粉尘等的影响,电子线路、光学元件等容易受到损坏和污染。因此,仪器应采取防震措施,放置在清洁和有空调的房间,仪器内部恒温,印刷电路板采用防腐工艺,以避免具有维护工作量小等特点的测量系统,因外界因素造成较大的现场维护工作量。在我国已安装的烟气

连续监测设备中,使用直接测量法占约 10%。

2.2 抽取测量法

抽取(Extractive)测量法通过采样系统抽取部分样品气体,预处理后送入分析单元,对烟气成分实时测量。根据样品气体抽取方式不同,分为稀释抽取法和直接抽取法两种。

2.2.1 稀释抽取法

稀释抽取法(Dilution extractive)是使用纯净的干空气来稀释烟气至稀释混合气露点以下的一种抽取检测方法,其关键部件为稀释探头。通常以约 70 kPa~620 kPa 的压力将洁净的稀释气(通常为干空气)送入稀释探头,在探头内通过控制气动射流器,在音速喷嘴两端产生 ≤ 0.53 的压力比($P_{下游}/P_{上游}$),在烟气温度、压力和分子质量保持恒定的情况下,烟气将以恒定的流速通过音速喷嘴,然后和稀释气混合进入分析仪。

选择合适的稀释比,是该监测方法的技术核心。稀释比的选择取决于音速喷嘴、样品浓度和分析仪量程,稀释比过大,可能会使混合气体浓度值在分析仪测量范围低端,噪声和漂移影响较大。另外,还要考虑样品气体的冷凝问题,若稀释比不合适,则不能将烟气露点降低到可能最低环境温度以下,将导致酸性气体凝结、腐蚀、测量失真等。音速喷嘴材料通常为玻璃或石英,样气流量通常为 50 mL/min~300 mL/min,稀释气流量通常为 1.5 L/min~15 L/min,稀释比通常选择在 1:50 至 1:200 之间,一般不超过 1:250 否则就要考虑对采样管线伴热。

根据稀释探头安装在烟道内和烟道外,又可分为烟道内稀释法和烟道外稀释法。烟道内稀释探头在烟气混合稀释之前,需对烟气过滤,以去除颗粒物。为补偿样品气体和标准气体温度波动对稀释比的影响,有些稀释探头在前段还装有加热装置,以确保样品气体和标准气体以基本恒定的温度通过音速喷嘴。烟道外稀释探头的工作原理与烟道内稀释探头基本相同,只是将过滤、稀释和加热等均移至烟道外进行,稀释探头的一系列零部件均在烟道外,便于维护和更换。

稀释抽取法在美国已使用多年,相比于其他分析方法,其最明显的优点在于校准时标准气体直接从探头进入,从而可以对整个系统校准。这种技术在我国使用较少,且基本为烟道内稀释,如何确保样品气体的处理质量,尤其是如何控制适当的稀释

比和零气系统的稳定性, 还需要不断探索, 积累相关经验。由于目前湿法脱硫的大力发展, 特别是脱硫装置已逐步取消 GGH (再热装置), 脱硫后的排放烟气温度低、湿度高, 导致过滤介质维护频率较高。因此, 采用烟道外稀释法更方便, 并且通常将探头倾斜安装, 使液滴或冷凝的液滴流回烟道。

2.2.2 直接抽取法

直接抽取法 (Full extractive) 可分为冷干法和热湿法。所谓冷干和热湿是针对分析仪而言, 分析仪分析的样气为热态 (保持烟气在露点温度以上) 未除湿的烟气称为热湿抽取法, 反之则为冷干抽取法。冷干抽取法提供的烟气浓度为干基, 热湿抽取法提供的烟气浓度为湿基。我国的排放标准要求烟气浓度以标态干基为准, 从而促进了冷干直接抽取法的广泛应用。典型的冷干直接抽取法包括取样探头、取样管线、过滤、除湿系统和泵等部分。

相比于稀释法取样探头, 直接抽取法的取样探头简单得多, 其主要作用是对烟气颗粒物初级过滤, 以避免对后续取样单元的影响。初级过滤介质通常为烧结不锈钢和多孔陶瓷, 过滤粒径为 $10\ \mu\text{m}$ ~ $50\ \mu\text{m}$ 的颗粒物。由于抽气量大, 过滤器的堵塞不可避免, 通常通过高压空气的定时脉冲内外反吹以最小化堵塞的影响。高压空气的压力一般为 $400\ \text{kPa}$ ~ $700\ \text{kPa}$ 反吹间隔根据烟气状况和颗粒物浓度而定, 一般为 $15\ \text{min}$ ~ $8\ \text{h}$ 一次。反吹持续时间不应太长, 以避免探头过度冷却导致再次取样时烟气冷凝, 一般一次持续 $5\ \text{s}$ ~ $10\ \text{s}$ 。

直接抽取法取样管线的主要作用是保持烟气温度在露点以上, 并无污染、无损失地送至冷却器。取热管束通常在 $20\ \text{m}$ ~ $100\ \text{m}$ 之间, 通常采用电伴热, 伴热方式有自限温和恒功率两种, 目前我国大部分采用成本较低的恒功率型。自限温电缆加热元件是在两个总线之间压出的一个感温电导聚合物, 当环境温度或烟气温度升高时, 加热元件输出的热值减少, 反之则增加。由于自限温电缆利用电导聚合物加热矩阵的连续挤压, 且没有区域长度, 因而伴热管可任意切割。为避免冷启动时工作电流过大, 一般自限温电缆都配置氟聚合物的加热矩阵。恒功率电缆加热元件是与总线连接的一个热能稳定的镍铬电热丝, 各个加热段独立工作, 不能任意切割, 需根据现场条件取舍。

除湿系统的主要作用是将烟气中的水蒸气去除, 目前采用的方法有冷却除湿和渗透干燥管两

种。通常冷却除湿采用压缩机制冷和电子制冷 (玻尔帖效应), 渗透干燥管采用 Nafion 管。在我国, Nafion 管较少采用, 冷却除湿较为常见, 电子制冷比压缩机制冷稍多。相对于冷却器除湿, Nafion 管除湿没有水蒸气冷凝, 能避免烟气和冷凝水接触, 有利于低浓度气体的测量。但 Nafion 管除湿的烟气中不能有液滴存在, 否则将导致 Nafion 管饱和和失效。为应对湿法脱硫后的高湿烟气和低浓度 SO_2 的监测, Nafion 管脱水是该技术下一步的发展趋势。

目前我国直接抽取法测量设备占 70% 以上, 其监测原理 80% 以上采用非分散红外技术, 其他还有红外分析、化学发光分析、紫外荧光分析、差分光学吸收光谱 (DOAS) 等技术。气体过滤相关 (GFC) 作为非分散红外技术的变型, 在国内应用较少, 主要用于垃圾焚烧厂, 在连续自动监测 SO_2 和 NO_x 的同时, 利用该技术一并监测烟气中的 CO 和 HC 。

2.3 遥感测量法

在遥感测量法 (Remote) 中, 电磁辐射与原子、分子间的相互作用是光谱遥感探测污染物成分及特性的基础, 根据环境中痕量气体成分在紫外、可见和红外光谱波段的特征吸收性质来反演其浓度。光学遥感方法用几百米到几公里甚至更长的光程代替传统实验室中的取样池, 发射一束光通过待测污染气体, 在另一端接收 (单站或双站方式), 应用于 CEMS 中即是向烟道或烟羽中发射光或光辐射来检测排放污染物的浓度^[6]。光谱遥感可分为两类: 基于激光器的可调谐二极管激光吸收光谱 (TDLAS) 和差分吸收激光雷达 (DIAL), 以及基于传统光源的差分光学吸收光谱 (DOAS) 和傅里叶变换红外光谱 (FTIR)。

对于环境污染监测^[7], 光学和光谱遥感技术提供了许多有效的测量手段, 其中某些技术已形成性能可靠的环境污染监测仪器。

3 3 种技术的比较分析

如前所述, 直接测量法在我国安装的烟气连续监测设备中比例较低, 主要是因为系统设备直接安装在烟道或烟道旁, 易受到现场烟气环境破坏, 在设计上需采取防震、防腐蚀和恒温技术, 以避免维护工作量增大, 且维护工作还受安装位置的影响。但是, 由于不采样, 直接分析, 不需要复杂的烟气预

处理、传输及分析仪表设施,直接测量法更直接、简洁,且监测结果更具代表性。如果能进一步提高其运行的稳定性,保证测试数据的准确度^[5],将是一种很有应用前景的烟气在线监测技术。

抽取测量法分析方法成熟,测量精度高,但系统复杂,环节众多,相应的维护、保养和故障率增多。随着湿式 FGD 的普遍应用和 GGH 的逐步取消,低温、高湿的烟气状况使其应用前景受到挑战。

直接抽取法是对原始浓度测量,相对容易。其中湿法能保证样品气体的完整性,但整个样品气体输送和分析过程都暴露在原始烟气环境中,不适合于水分含量高和要求 NO_x 高精度测量的场合。干法适应我国烟气排放浓度以标态干基为基准的要求,但抽气量大,烟气过滤、除水系统的维护和清洗问题十分突出,维护工作和成本是对安装企业的考验。

稀释抽取法的技术重点和难点主要在探头上,包括探头、稀释比的设计和稀释空气的前处理。由于样品气体经过稀释,要求测量仪器的精度较高,

进行多组分在线监测,价格高昂,但易于校准,操作简便,样品气体湿基测量得到的气态组分浓度值不存在为修正而假设或测量水分含量所产生的固有误差。

遥感技术已广泛应用于自然灾害预报、气象、农业、勘探、生态环境监测等领域^[8],美国已将遥感测量法用于污染源排放监测,我国尚未采用。将其在其他环境监测中的应用与美国经验结合,可认为光学和光谱遥感技术完全能够为污染源监测提供多种可靠的高灵敏的测量技术,能满足多种烟气组分的测量,其最大优点在于系统安装、运行、维护大大简化。存在的主要问题有以下 4 点:①光路的确定,是将用于测定烟气组分的光射向烟道还是烟羽,如何确定路径的长度;②如何解决光辐射在传输过程中受空气介质变化、湍流及空气分子吸收、散射的问题;③缺少使用该技术测量烟气气体浓度的参比方法;④没有相关标准化的操作规范。解决了以上问题,遥感测量技术将大有前景。主要烟气排放连续监测技术的比较分析见表 2。

表 2 主要烟气排放连续监测技术的比较分析

Table 2 Comparative analysis for flue gases CEMS techniques

技术方案	优点	缺点	国内市场份额	
直接测量法 (In-Situ)	①不需采样,实时分析;②湿基测量;③测量数据最具代表性	①无法实现直接导入标准气体到测量室(开放式探头结构)标定;②监测系统安装在环境恶劣的现场,易损坏,维修不便;③测量光程长度受限制	约 10%	
抽取测量法 (Extractive)	稀释取样法 (Dilution extractive)	①湿基测量;②分析仪器维修量小;③不需要伴热管线;④取样流量低;⑤过滤器的使用寿命长	①采样探头复杂,稀释比不易确定;②稀释空气需净化处理;③常需对取样管线防冻处理,并对探头加热;④需要修正压力和温度变化条件下的测量值	约 20%
直接抽取法 (Full extractive)	冷干法 (Dry)	①干基测量;②大多数 CEMS 制造商均采用此种方法;③测量精度较高	①系统复杂,程序众多,维护多;②样气调节系统需要经常维护;③需要加热样气管线;④取样流量大,过滤器使用寿命短;⑤在高硫分场合有酸冷凝的可能;⑥干基测量,需要其他方法来确定烟气湿度,以计算污染物的质量流量	约 70%
	热湿法 (Wet)	①湿基测量;②分析仪器维修量小	①系统复杂,程序众多,维护多;②需加热气管线和耐热分析仪;③烟气湿度会影响 NO _x 的测量精度;④取样流量大,过滤器使用寿命较短	
遥感测量法 (Remote)	①不需要采样,气体分析仪与烟气无直接接触;②原理简单,操作灵活;③灵敏度、精度较高;④测量数据具有代表性	①目前无遥感监测系统测量气体浓度的参比方法;②无标准化的规范操作程序;③该技术在 CEMS 领域的发展较缓慢		

4 结语

任何一项连续监测技术,都不可能适用于所有场合,有其利必有其弊。发展连续监测技术的初衷

是要让对排放源的实时监测在可靠的前提下变得易于操作。因此,对系统简洁、操作简便的技术进

(下转第 49 页)

密度变差, 故不宜选用玻璃消化管。塑料大多不耐高温, 部分塑料还不耐碱腐蚀。试验使用半透明的“聚丙烯”消化管, 所得消化液中有很多白色片状的小漂浮物, 测定结果极不稳定, 疑为“聚丙烯”中加入了其他塑料(如聚酰胺)。聚四氟乙烯管是最佳选择, 应注意选择纯白色有光泽的产品, 避免使用纯度不高的材质。

消解液中如含有大量高价金属离子(如 Fe^{3+}), 则会消耗过多的还原剂而影响测定, 此时加大三氯化钛用量, 保持红色不褪即可消除干扰。

2.6 测量不确定度的评定

参考文献[9]与《化学分析中不确定度的评估指南》(CNAS-GL06 2006), 评定改进后方法的测量不确定度。其主要影响因素有: ①有证标准物质具有的不确定度; ②移液器、容量瓶等玻璃仪器容积误差引入的不确定度; ③称量误差; ④重复性测定操作引入的不确定度; ⑤校准曲线拟合引入的不确定度。经计算, 测量结果的扩展不确定度为 3.3%。

3 结语

采用改进后的碱性过硫酸钾氧化 - 气相分子吸收光谱法测定水中总氮, 方法灵敏度较高, 重复

性和准确度良好, 适用于海水、地面水、养殖水及入海排放口的水质监测。

[参考文献]

- [1] 国家标准化管理委员会. GB 11894-89 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1989
- [2] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002 254
- [3] 陈杰, 吴亦红. 碱性过硫酸钾氧化测定城市污泥中总氮 [J]. 环境监测管理与技术, 2005 17(1): 35-36
- [4] 国家海洋局. 海水增养殖区监测技术规程 附录 B(规范性附录) 水中总氮测定—碱性过硫酸钾氧化法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002
- [5] 国家海洋局. GB 11378.4 海洋调查规范(第4分册) 总氮测定(钼还原法) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 26
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 17378.4-2007 海洋监测规范 第4部分: 海水分析 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007 121
- [7] 国家环境保护总局. HJ/T 199-2005 水质 总氮的测定 气相分子吸收光谱法 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006
- [8] 吴卓智, 莫怡玉. 塑料管中氧化 - 气相分子吸收光谱法测定水中氨氮 [J]. 环境监测管理与技术, 2008 20(2): 38-40
- [9] 中国金属学会. CSM 01010102-2006 分光光度法测量结果不确定度评定规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006

(上接第 14 页)

行有针对性的突破必然是连续监测技术发展的方向。

随着节能减排工作的不断推进, 伴随着法律法规要求烟气连续监测污染因子的增多, 原来适用于低湿、高硫的直接抽取冷干法不再适合目前高湿、低硫的工况, 取样方式有向直接测量式发展的趋势, 进而向遥测方式发展; 分析技术则以光学技术为主导, 向全谱分析和线状光谱技术方向发展; 测量范围逐渐向低浓度发展, 追求更高的准确度和精密度。

另外, 低碳时代的到来, 温室气体的排放被普遍关注, 烟气中 CO_2 的实时准确监控不可避免地被提到议事日程。以前 CO_2 气体浓度大多通过计算得到, 其准确性不容乐观, 因而直接测量 CO_2 的监测分析技术将得到迅速推动。 H_2S 、 HCl 、 HF 、 H_2g 等有毒有害物质的在线监控, 也将成为环保部门关

注的焦点。

[参考文献]

- [1] 朱法华, 王飞, 潘荔, 等. 全国火电厂烟气连续监测系统运行状况调研及分析 [J]. 中国环境监测, 2000, 16(5): 7-11.
- [2] 易江. 连续排放监测系统(一、发展进程) [J]. 现代科学仪器, 2000(1): 47-49.
- [3] 李宁. 基于差分光学吸收光谱技术的空气质量连续监测系统研究 [D]. 天津: 天津大学, 2005
- [4] 郑海明. 固定污染源烟气中汞排放连续监测系统 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(1): 8-12
- [5] 杨凯, 滕恩江. 烟气连续监测系统的相对准确度检测 [J]. 环境监测管理与技术, 2005 17(4): 31-34
- [6] 齐宏景, 何青, 王秉仁. 火电厂烟气排放连续监测系统的设计 [J]. 电力情报, 2001(4): 56-58
- [7] 谭衢霖, 邵芸. 遥感技术在环境污染监测中的应用 [J]. 遥感技术与应用, 2000, 15(4): 246-251
- [8] 李晶, 孟祥亮, 张玉梅. 山东省生态环境遥感监测及其动态变化研究 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(3): 71-74