·争鸣与探索·

中美固定源烟气排放连续监测系统对比浅析

孙焱婧
(上海市环境监测中心,上海　200030)

摘　要:简述了我国烟气排放连续监测系统(CEMS)概况;介绍了美国 CEMS 体系及先进的管理经验,并从 CEMS 运营责任主体、管理依据、审核与管理模式以及数据应用等方面对中美 CEMS 体系进行了对比分析,在此基础上,提出了我国 CEMS 存在的问题和相应的对策建议。

关键词:烟气排放连续监测;电子审核;现场审核;中国;美国
中图分类号:X502　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1006-2009(2011)06-0068-05

Comparison of Continuous Emissions Monitoring System of Stationary Sources between America and China

SUN Yan-jing
(*Shanghai Environmental Monitoring Center*, *Shanghai* 200030, *China*)

Abstract: Current situation of Continuous Emissions Monitoring System (CEMS) in China were briefly described. It introduced advanced experience of American CEMS to compare with Chinese CEMS from responsibility of CEMS operation, managed basis, examination, management mode and data applications of CEMS system. Corresponding countermeasures and suggestion were made to deal with existing problems in Chinese CEMS.

Key words: Continuous emission monitoring; Electronic audit; Field audit; China; America

随着固定污染源烟气排放连续监测系统(Continuous Emissions Monitoring System,简称 CEMS)相关工作的不断深入,我国 CEMS 系统日益成熟和完善,但与国外发达国家相比仍有不少差距,并存在体制不同的问题。因此,借鉴国外的先进经验,取长补短,对于我国 CEMS 工作的完善和拓展十分必要且有实际意义。

1　我国 CEMS 概况

1986 年,广东沙角 B 发电厂从日本引进了首套 CEMS[1]。2001 年,CEMS 相关技术规范陆续出台。随着原国家环保总局《污染源自动监控管理办法》(28 号令)的颁布和实施[2],我国 CEMS 技术与管理体系得以快速发展。2007 年,CEMS 技术规范进行了修订,见文献[3-4]。2008 年,国家环境保护部又颁布了《污染源自动监控设施运行管理办法》(环发〔2008〕6 号),进一步完善了对 CEMS 运行和管理的规定。2009 年底,我国已经安装了上万套 CEMS[5],约 85% 的国控重点污染源安装了 CEMS(约 6 000 套)。

以上海市为例,2005 年 7 月,上海市启动了大气固定源 CEMS 的试点工作,系统建设资金采取政府补贴和企业自筹相结合的模式。在试点的基础上,2007 年上海市全面推进大气重点污染源 CEMS 设备的安装与验收。

2008 年,为了对国控重点污染源火电厂企业烟囱旁路排放情况进行监管,在烟囱旁路上也陆续安装了 CEMS。截至 2010 年底,全市共安装并纳入市级监控平台的 CEMS 设备为 270 套(含旁路 25 套),其中,248 套已通过验收(104 套为国控重点污染源企业 CEMS 设备),正式投入运行,并进入日常数据审核阶段。

上海市 CEMS 设备主要分布在电力、能源、钢

收稿日期:2011-02-25;**修订日期**:2011-10-28

作者简介:孙焱婧(1982—),女,上海人,工程师,硕士,从事大气污染源监测管理工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

铁、化工、废物焚烧等行业，可对烟气中 SO_2、NO_x、烟尘、氧量、流速、烟温和静压等污染物及辅助参数进行实时连续自动监控，见图 1。

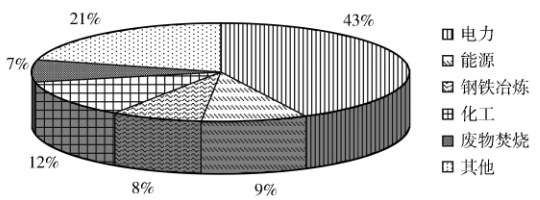

图 1　上海市各行业 CEMS 设备安装情况

Fig. 1　Situation of installation of CEMS in Shanghai different industries

CEMS 设备日常运行采用社会化专业机构运行模式，主要由 5 家设备供应商进行日常运营和维护保养，由市和区县环境监测中心（站）进行定期比对监测，由环境监察部门进行现场监督检查。

2008 年 9 月，上海市环保局设立专项工作课题《上海市固定污染源烟气排放连续监测系统管理和应用研究》。课题组结合上海的实际工作经验编制完成了 3 个地方性技术规范和管理办法，即《上海市固定污染源烟气排放连续监测系统（CEMS）运行管理办法（试行）》《上海市固定污染源烟气排放连续监测系统数据审核制度（试行）》和《上海市固定污染源烟气排放连续监测系统质量保证手册》，作为对国家 CEMS 管理办法和技术规范的补充、细化和完善，目前该管理办法已进入报批阶段。

2　美国 CEMS 体系情况

2.1　发展历史

CEMS 在美国已有近 40 年的发展历史。1971 年，美国环境保护署（Environmental Protection Agency，简称 EPA）制定了“新源执行标准”（New Source Performance Standards），美国第 1 台 CEMS 的出现[5]，主要是用于检测污染治理设施运行和维护，而非用于判断污染排放是否达标。1979 年，对 CEMS 相关规范进行了修正，CEMS 逐渐用于考核污染物排放浓度的达标情况。1990 年，清洁空气法案做了重大修正，其中包含总量控制和排污权交易计划。

排污权交易计划的一个关键基础要素就是要求通过持续监测污染物浓度和烟气体积流量等重要参数获取并报告准确的排放数据，交易计划中排放源的基本监测要求采用 CEMS 监测所有污染物和参数，并报告排放量[6]。

40 CFR Part 60 和 Part 75 是美国 CEMS 基础的技术规范和法规诠释，在此基础上，随着 1995 年“酸雨计划”（Acid Rain Program）、2003 年“氮氧化物排污交易计划”（NO_x Budget Trading Program）、2009 年“清洁空气州际法”（Clean Air Interstate Rule）以及 2010 年已提上议程的“空气污染物质传输规则”（Transport Rule）等项目的陆续开展，美国 CEMS 得到了迅速发展，在 CEMS 相关技术与管理应用方面均积累了丰富的经验。

在美国，EPA 向污染源企业提供统一的标准电子数据报告（Electronic Data Record，简称 EDR）格式与监测数据核查（Monitoring Data Checking，简称 MDC）软件。污染源企业每季度上报排放数据及其他相关信息至 EPA 的排污权交易系统（emissions-trading system，ETS），上报前可用 MDC 软件对数据进行质量控制检查，EPA 专员对数据进行审核之后，ETS 系统将审核结果自动反馈给污染源企业。

在美国 CEMS 体系中，质量保证/质量控制（QA/QC）措施如针对不同污染源企业特别制定的监测计划和 QA/QC 手册、电子审核、现场审核、QA 测试（每日的维护与校准、每季度的线性测试、每年的相对准确度测试）等是确保高质量 CEMS 数据的关键环节，也是美国 CEMS 数据得以用于环境管理的基础[7-8]。

在污染源管理方面，美国推崇的是基于市场条件下的激励型 CEMS 监管模式，根据这一模式，污染源企业安装 CEMS 设备的目的除了用于排污权交易外，还用于工艺控制和污染防治。当 CEMS 数据接近排放限值时，可以起到警示企业查看生产工艺是否存在异常的作用，而不仅仅是用于执法监督污染源企业是否超标排放及支付排污费。

在美国，按照相关法规，CEMS 数据必须公开发布。CEMS 数据信息的公开有助于以市场公平交易为核心的排污权交易制度的执行；有助于督促污染企业加强 CEMS 设备的运行和管理，以最低的成本实现污染物减排目标；也有助于各类科研机构和检测部门等第三方进行专业化机构的研究和社会监督。而这一切的实现，均离不开严格的 QA/QC 技术规范，正是通过采取了完善的 QA/QC 措

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

施,才使 CEMS 数据的质量和有效性得到了充分的保证。

2.2　审核系统

2.2.1　电子审核系统

美国的 CEMS 数据是通过 ECMPS(Emissions Collection and Monitoring Plan System) 软件自动审核的,每季度 EPA 专员对数据进行审核,找出异常数据时段并进行专项测试检查,例如检查缺失数据是否按照替代规则进行了正确替代。ECMPS 软件极大地提高了美国 CEMS 数据审核效率和准确性。ECMPS 软件 6 项主要功能如下。(1) 文件导入: 数据文件的导入; (2) 评估: 包括监测计划、QA 测试、监测计划变更后的 QA 测试、测试延期及豁免、污染源排放量等的评估; (3) 提交: 由污染源企业提交数据; (4) 监测计划数据: 包括报告频率、CEMS 安装点属性、机组运行时间、机组所属项目信息、机组燃料、净化设备、监测方法、监测系统/分析仪部件、分析仪量程、标气信息、排放量计算公式、量程值、机组负荷和运行水平、监测默认值等信息; (5) QA 和验收数据; (6) 排放数据: 包括热值输入、各种污染物排放数据、每日校准测试数据等。

2.2.2　现场审核系统

在美国,现场审核是确保 CEMS 数据质量的另一个重要途经。现场审核员使用 TTFA(Targeting Tool for Field Audits) 软件进行现场审核前的预备工作,即根据监测计划数据、历史排放数据(一般至少需要回顾 3 个季度的数据) 等筛选需要进行现场审核的污染源企业。TTFA 软件主要审核以下内容:

(1) 失效、不合格、接近不合格的线性检查测试;

(2) 不合格的相对准确度检测审核(Relative Accuracy Test Audit,RATA) ;

(3) 是否使用超量程标气;

(4) 校准误差测试结果;

(5) 分析仪量程;

(6) 流速 - 负荷比;

(7) 较低的数据捕集率;

(8) 缺失数据时间段;

(9) 是否在 QA 测试未达标之后继续使用 CEMS 设备。

进行现场审核时,审核的主要内容包括历史数据分析、现场仪器检查、现场维护日志检查、QA 测试考察、与污染源企业相关人员会谈等内容。现场审核不仅能够促进实际监测情况的改善、激励管理人员将资源投入污染排放监测,而且鼓励污染源企业定期评估其 CEMS 数据质量,并能够确定必要的 QA/QC 措施是否得以执行[6]。

2.2.3　CEMS 数据的应用

在美国,CEMS 数据得到了充分应用,其法律依据主要是 40 CFR Part 75 和《空气污染防治法(Air pollution control law) 》《清洁空气法案(Clean Air Act) 》规定污染源企业必须申报排污量数据,燃煤电厂必须安装 CEMS 系统以申报排污量数据。由于具有法律地位和建立了完善的 QA/QC 体系,CEMS 数据主要应用于以下 5 个方面。

(1) 政策分析。

(2) 模型分析。

① 环境空气模型: 预测排放量;

② 经济模型: 比较各个污染源减排项目的成本。

(3) 改善和优化生产过程。

(4) 经济领域: 排污权交易的数据基础。

(5) 执法领域: 判断污染源企业污染排放是否达到 40 CFR Part 75 规定的要求,超标排放处罚。

3　中美 CEMS 体系对比

美国 CEMS 技术与管理应用已有几十年的发展历程,积累了丰富的经验,而我国 CEMS 系统仍处于发展阶段。我国 CEMS 体系与美国有相似之处,同时也有需要向美国借鉴学习和提高的不足之处。以上海市为例,从责任主体、管理依据、审核模式、管理模式、数据执法功能等方面对中美 CEMS 体系作比较的内容见表 1 和表 2。

表 1　中美管理 CEMS 相同点

Table 1　Similar points of management of CEMS between U. S. A. and China

项目	内容
责任主体	污染源企业,由企业负责 CEMS 的安装、运行、管理原则上一致
管理依据	法律法规(美国: 40 CFR Part75 等; 中国: HJ/T 75 - 2007 等)
目的	污染物总量控制

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　中美管理 CEMS 不同点

Table 2　Differences of management of CEMS between U. S. A. and China

项目	美国	中国(以上海市为例)
监测点位	排气筒污染物总量控制	烟道污染物浓度与总量双重控制
信息透明度	CEMS 数据完全公开,任何人、任何单位均可看到数据	仅向环保部门提供全部 CEMS 数据,污染源企业通过申请,可上网查询该企业的 CEMS 数据
电子审核模式	自动审核,每季度审核排放量,非实时审核,但发现问题可追溯	人工审核与自动审核相结合,每天审核浓度与排放量实时审核
现场审核模式	实行激励型机制,以核查为主,找出数据出现异常的原因,鼓励排污企业改进	以比对监测为主
管理模式	排污企业负责 CEMS 运行维护、管理、质保措施执行、监测计划制定、提供资金	排污企业负责 CEMS 运行维护、监测计划(较粗)、提供资金(非全部)
	州环保局现场审核与测试报告	市、区县环境监测部门比对监测、数据审核;市、区县环境监察部门现场监察、执法;市和区县环保局年报
	EPA 进行 QA 测试的审核,数据有效性的确认以及法律法规符合程度检查	
数据执法功能	CEMS 代表"实时、在线、连续、自动",认为 CEMS 系统正常且可靠,"数据即证据",无需再次现场复核,且由于污染源是复杂的,排放情况有波动,以年均值或 8 小时平均值执法	仍在试点阶段,尚未正式用于执法,且以小时值为基础,分别根据日均值、月均值判别超标排放情况
功能	激励污染源企业达标排放后自我减排	监管,超标处罚
效果	污染物排放量显著降低	SO_2 排放量显著降低

4　我国 CEMS 体系存在问题

我国 CEMS 数据主要用于污染排放浓度达标控制,而美国 CEMS 主要用于总量控制,是基于 CEMS 数据的合法性、可交易和公平的基础之上建立的鼓励型监管模式。除了法律体系、制度设计上的问题以外,我国 CEMS 体系还存在以下技术问题。

(1) 标准气体质量未达到质保要求。标准气体质量是 CEMS 校准的一个关键因素[6],部分地区中小型排污企业会从一些售价较低的供应商处购买标准气体,由于标准气体质量不稳定,导致质量控制试验不合格。标准气体质量直接影响 CEMS 数据的准确性,因此,必须有资质的供货商供应,必须由专门的机构进行监管。

(2) QA/QC 措施未完全按照技术规范要求实施。由于标准气体价格较为昂贵,部分 CEMS 运营单位出于降低成本等原因,并未按照技术规范规定的校准频率要求进行定期 CEMS 校准。

(3) CEMS 审核仍处在起步阶段,有待补充和完善。目前,上海市 CEMS 数据审核主要采取人工审核的模式,自动审核只是作为辅助参考手段。另外,现场审核机制在美国已十分成熟,而在我国仍处在起步阶段,且现场检查的内容较为粗略。以上海市为例,现场检查表格仅涵盖了 CEMS 安装位置、运营合同、操作人员岗位培训、是否具备定期巡检与校准记录等"是或否"的选择判断性内容,并未对现场 QA/QC 程序是否完整并正确地实施进行检查与审核,且由于 CEMS 建设、管理职责分开,负责后续现场管理的监察人员技术能力较为有限,导致现场检查较为零散、不够深入。

(4) CEMS 数据尚未正式用于评估污染排放达标情况。虽然文献[2]规定"自动监控系统经环境保护部门检查合格并正常运行的,其数据作为环境保护部门进行污染申报核定、排污许可证发放、总量控制、环境统计、排污费征收和现场环境执法等环境监督管理的依据",但由于相关政策不够完善,目前 CEMS 数据主要用于燃煤电厂脱硫设施脱硫效率的计算与评估,对于超标排放处罚的应用仍在试点阶段,还难以完全为环境管理所用。

(5) CEMS 相关体制和模式存在局限。目前,我国排污企业、系统建设与运营单位、环境监测站、政府环保部门对 CEMS 方面各自的职责还没有十分明确,相互间还没形成一定的制约关系。此外,运营单位的技术支持及人员配备不够,由于各在线监测点分布地广点疏,且部分监测设备备件需要从外地甚至国外运送过来,因而运营单位不能及时处理好发生的技术问题。同样的问题也出现在部分由外地开发商开发的 CEMS 信息系统的系统升级、维护中,由于距离的问题系统升级改造不能及时跟上管理需求。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(6) 部分污染源企业与运营单位对 CEMS 认识不到位。部分污染源企业(非重点控制企业)认为安装 CEMS 是对企业排污的一种束缚,并且还增加负担,有抵触情绪。因此,这些企业的 CEMS 就很难得到正常的运行和维护[9-11]。

5　对策与建议

(1) 加强 CEMS 数据自动审核功能,完善现场审核。上海市 CEMS 数据自动审核功能已开发进入试运行阶段,但仍存在一定局限,建议进一步开发质量控制图的使用功能,完善自动审核依据,从而逐步缓解费时费力的人工审核压力。

借鉴美国的现场审核的模式,逐步扩展和细化我国的 CEMS 现场审核内容,开发现场审核预评估软件,并开展现场监察人员技术能力培训。

(2) 严格按规定执行 QA/QC 措施,确保数据有效性,用于环境管理。建议安装 CEMS 的污染源企业根据自身的实际情况有针对性地制定 QA/QC 标准化程序与使用手册,并严格按照规定的内容和频率开展 QA/QC 措施。同时,确保高质量、一致性的校准气体以保证 CEMS 的准确测量。通过各种 QA/QC 措施的严格执行,从而确保 CEMS 数据的有效性,为 CEMS 数据用于环境管理提供充分的依据。

(3) 规范第三方社会化运营。在运营过程中采用政府招投标制度,使有技术实力的环保公司进行 CEMS 工作的运营,在环保部门的监督下进行管理,定期进行必要的检修、维护和数据的比对工作,运行费用应由政府补贴一部分给运营单位。

同时,政府部门应出台相应的运营考核评估办法,明确对第三方运营单位的考核指标和评分标准,每年进行定量化考核评估,根据评分结果确定运营补助资金,对技术能力薄弱、考核指标未满足要求的实行淘汰出局,对协同企业弄虚作假、损害环保利益的运营商报请环保部,取消其资质。

(4) 系统设计相关政策法规,实行奖惩制度。建议尽快出台 CEMS 详细法规,系统设计相关政策,细化操作层面的规定,并建立明确的奖惩制度,应加大对不按规定运行管理 CEMS 的污染源企业的惩罚力度,对于有效运行管理 CEMS 的污染源企业,要进行补贴,并将补贴费用与污染物减排量挂钩。

连续排放监测作为一种科学有效的监测方法,不仅为环保主管部门在摸清排污现状、总量考核、快速监察反应等科学监管方法奠定了基础,而且为企业提供了污染治理设备运行情况的监督手段,同时也是科研部门掌握污染源排放规律、预测其发展趋势的研究基础,为制定环境法规、标准、环保规划提供科学依据。借鉴美国在 CEMS 应用管理方面的先进经验,我国的 CEMS 体系必将有更广阔的发展前景。

[参考文献]

[1] 刘凤,原永涛,齐立强. 火电厂烟气连续监测系统应用现状[J]. 工业安全与环保,2003,29(2): 9-11.

[2] 国家环境保护部. 污染源自动监控管理办法(国家环境保护部令第 28 号) [EB/OL]. [2005-09-19] [2011-06-19] http://www.sepb.gov.cn/news.jsp?intKeyValue=14633.

[3] 国家环境保护部. HJ/T 75-2007　固定污染源烟气排放连续监测技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社,2007.

[4] 国家环境保护部. HJ/T 76-2007　固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法[S]. 北京: 中国环境科学出版社,2007.

[5] 朱法华,李辉,邱署光. 烟气排放连续监测技术的发展及应用前景[J]. 环境监测管理与技术,2010,22(4): 10-14,49.

[6] SCHAKENBACH J, VOLLARO R, FORTE R. 依照"排污交易计划"实现成功监测、报告及核查的基本要素[J]. Journal of the Air & Waste Management Association,2006(56): 1576-1581.

[7] U.S. Environmental Protection Agency. Plain English Guide to the Part 75 Rule[S]. Washington, DC: Clear Air Markets Division of U.S. Environmental Protection Agency,2005.

[8] JAHNKE J A. Continuous Emission Monitoring [M]. 2nd. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

[9] 沈建康,高蓓蕾. 江苏省火电厂烟气排放连续监测系统运行现状及对策建议[J]. 污染防治技术,2008,21(6): 104-106.

[10] 黄钟霆,龚道新,吴小平,等. 火电厂烟气在线监测系统存在的主要问题及进一步加强在线监测工作的建议[J]. 中国环境管理干部学院学报,2010,20(1):62-65.

[11] 朱杰,剑敏. 浅析污染源监督监测工作的问题和对策[J]. 环境监测管理与技术,2010,22(1): 8-11.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net