

• 国外环境 •

# 连续排放监测系统性能检验

## 第二部分 EPA 检验方法

易江编译

(中国环境监测总站, 北京 100029)

中图分类号: X 84

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2000)05-0044-04

为了认可或确保连续排放监测系统的质量, 美国 EPA 要求检验连续排放监测系统的性能技术指标。通过检验, 评价系统在工厂现有条件下的运行状况。进行校准漂移检验或相对准确度检验时, 实际上也检查了系统采集烟气的能力、系统对线路电压波动时的响应和系统对管道振动以及环境温度、环境大气压变化的敏感程度。系统的性能技术指标检验, 不是在实验室的控制条件下对系统的性能进行评价, 而是在工厂运行条件下的现场对系统的性能进行评价。

出于竞争的目的, 连续排放监测系统的销售商必须要保证安装的系统能满足技术条件的要求, 因为性能技术指标检验结果是否符合要求, 对系统的销售商至关重要。订购连续排放监测系统的部门, 常常要求销售商在合同中提供保证并保留部分款额或提出其他惩罚办法, 确保系统符合技术条件的要求。尽管予以保证和承诺, 系统在最初有可能通过所有的检验, 通常绝大多数问题可通过追踪系统设计中的缺陷或通过改进系统得到解决, 以满足工厂的特殊要求。在某些情况下, 特别是应用了新的技术, 从检测器的原理来看表明是不合适时, 则需更换一套适合的监测系统。因此, 检验系统的性能技术指标是非常重要的, 必须正确地检验、正确地计算, 必须以文件的方式报告检验结果。下面介绍每项指标的检验方法。

### 1 检验前的准备

系统性能技术指标的检验工作通常由负责检测排放源的承包者承担。检测时通常开一辆大型货运车, 车上装有能自动按照参比方法(如: 美国 EPA 方法 3A、6C、7E)进行检测的仪器。一般由两位或两位以上的检验人员作相对准确度检验, 人数

的多少取决于连续排放监测系统的复杂程度。校准漂移检验工作比较容易, 可由工厂有关人员进行比较测试前完成。

检验期间, 连续排放监测系统的代表和管理机构的代表应经常在现场观察和了解出现的问题。通过检验前形成的检验计划, 所有的当事人应明确自己在一周的检测期间内所承担的任务。管理机构的代表特别重要, 因为问题常常发生在工厂开始运行期间, 可能需要改进检测方法。遇到此种情况, 管理机构代表的决断能力对于完成检验工作至关重要。

应在进行性能技术指标检验前召开预备会, 将有助于减少经常发生的协调和其他问题。下列人员应出席预备会, 工厂的运行人员或管理人员、工厂负责环境保护的工程师或负责连续排放监测系统的工程师; 控制机构的代表; 排放源检验承包者的代表和连续排放监测系统销售商的代表。会议的议题如下:

- (1) 检验期间工厂的运行状况;
- (2) 检验期间工厂排放控制装置的运行状况;
- (3) 连续排放监测系统目前的运行状况;
- (4) 检验计划(连续排放监测系统的每台装置的校准漂移和相对准确度检验);
- (5) 校准气体和采用的检验方法;
- (6) 异常情况的处理方法;

收稿日期: 2000-05-31

编者简介: 易江(1946-), 男, 重庆市人, 高级工程师, 中国环境科学学会环境监测委员会委员, 国家实验室认可注册评审员, 已发表研究论文 40 余篇, 获两项国家专利, 承担 3 项国家环保总局科研课题和 1 项国家“九五”攻关课题, 编写了 3 项环境监测专用仪器技术标准, 目前主要从事环境监测专用仪器质量监督检验、固定源连续排放监测研究和环境监测系统计量认证工作。

### (7) 检验报告的要求。

在参比方法采样位置和获取数据的地点(控制室,连续排放监测系统室或其他地点)应有工厂值班人员。在检验组到来前,应解决涉及采样或检测地点的所有问题。

令人遗憾的是,检验前的预备会议常常因故不能召开,其原因或是考虑开销太大或是能够起作用的当事人太忙。未通知到和对检验工作不了解,其结果可能导致不承认检验数据和重新进行检验。

## 2 校准漂移检验

### 2.1 检验方法

在 40 CFR 60 附录 B 性能技术条件中,用零点和接近量程的高水平漂移试验来检验连续排放监测系统在一个时间周期内持续校准的能力。校准漂移检验时间为 168 h,工厂运行负荷应超过额定负荷的 50%,以 24 h 为周期,连续 7 d,评估连续排放监测系统。

将校准气体导入连续排放监测系统进行校准漂移检验。现场式或非抽取式检测器,可以通过产生机械的仪器零点和用充气光电池或光学滤器对零点和接近量程的高水平漂移进行检验。校准方法首先要经管理机构审核。

在 40CFR60 附录 B 中,用规定的校准气体校准连续排放监测系统的检验方法如下:

(1) 第 1 天,将零气(或一个低水平的值,量程值的 0%~20%)导入系统,系统被调零;

(2) 第 1 天,将接近量程的高水平值的校准气体(量程值的 50%~100%)导入系统,系统校准到该值;

(3) 第 2 天,24 h 后将零气注入系统,记录系统的显示值(如果愿意的话,可将该值调节到第 1 天设置的零点值);

(4) 第 2 天,注入零气后,注入高水平值的校准气,记录系统的显示值(如果愿意的话,可将该值调节到第 1 天设置的值),如果在注入高水平校准气前,没有重新设置零点,则应减去第(3)步得到的读数并记录结果;(注:如果用周期性地自动或手动校准系统,校准前,必须立即确定校准漂移。某些连续排放监测系统的微处理器将每天自动地调节系统的零点和校准系统,如果在自动校准后再进行校准漂移检验,将观察不到漂移。)

(5) 第 3 天~第 8 天,重复第(3)步和第(4)步

的操作。

### 2.2 计算方法

按百分比度量校准漂移,计量单位用参考气体或充气光电池或光学滤器的单位,除以量程值:

$$d_{CD} = \frac{\text{钢瓶气参考值} - \text{检测器显示值}}{\text{量程值}} \times 100\%$$

式中:  $d$  ——数据对之差。

## 3 相对准确度检验

相对准确度检验是性能技术指标检验中最重要的部分,也是花钱最多的部分。正如前面所强调的,检验中有关人员之间的相互配合特别重要。

相对准确度检验是比较由连续排放监测系统测试的数据(在规定的范围内)和用参比方法(美国 EPA 40 CFR 附录 A 中的参比方法)测得的数据。它与校准漂移不同,相对准确度测量,不仅仅是基于由单个检测器测得的数据,还包括了来自污染、稀释或以“标准单位”表示的监测流量的计算数据。例如:SO<sub>2</sub> 排放标准,对于燃烧化石、燃料的蒸气发生装置,排放标准单位用 ng/J 表示,需要将换算系数 F 用于 SO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>) 的计算。另一个例子,城市废弃物燃烧装置排放 SO<sub>2</sub> 标准,要按干基校正到含氧量为 7% 的浓度,SO<sub>2</sub> 排放标准就涉及到来自 SO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 检测器的数据。

### 3.1 参比方法的位置和断面上的测点

相对准确度仅仅是相对于参比方法的测量,而不是表示连续排放监测系统测试数据相对于烟气污染物排放真值的准确度。为了获取烟气污染物排放“真值”,在烟道或管道断面的 3 个测点而不是 1 个测点上进行参比方法测试。

因参比方法的采样点位与连续排放监测系统的采样点位的规定不同,选取的采样点应能代表烟道或管道断面的采样,至少在通过烟道或管道断面矩形心的测量线上和预计气态污染物分层的方位上选取 3 个采样点。测量线短于 2.4 m 时,采样点位分别位于测量线长度的 16.7%、50%、83.3% 的位置上(见图 1a);测量线大于 2.4 m、预计气态污染物不分层时,规定采样点位于测量线的 0.4 m、1.2 m、2 m 处(见图 1b),在采样点断面 3 cm 范围内采样。不允许在湿式净化器后和含有不同污染物组分的两股气流混合处设置采样点。

参比方法的采样位置与连续排放监测系统的采样位置相同,采样位置至少离控制装置下游 2 倍

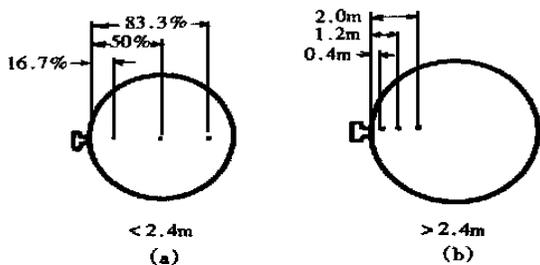


图 1 断面测量线上参比方法测点 (最低要求)

当量直径, 离排气口或控制装置上游至少 1.5 倍当量直径。

参比方法的采样点不应影响连续排放监测系统的探头, 规定距离探头 30 cm 或距探头的距离为断面当量直径的 5%。

### 3.2 检验方法

相对准确度检验的采样原则是连续排放监测读数与参比方法同时进行。要求似乎很明白, 但有时会出现疏漏或检验过程中得不到纠正, 必须要仔细地计算连续排放监测系统相对于参比方法的响应时间, 见图 2。

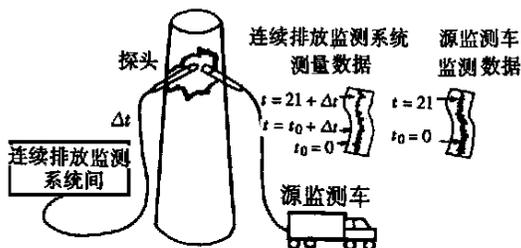


图 2 参比方法数据与连续排放监测系统数据响应时间的相互关系

图 2 表明, 连续排放监测系统子母电缆的长度对于产生烟气到达分析器的延迟时间是很重要的因素。如果参比方法是瞬时采样或参比方法的响应很快, 当比较数据时, 必须考虑时间差。注意, 从连续排放监测系统读数图中可以看出, 在参比方法产生读数后, 时间为  $\Delta t$  时连续排放监测系统才得到对应的读数。

当手工参比方法采用定时采样时或当连续排放监测系统仅隔几分钟就进行 15 min 的循环采样时, 也会出现问题。其结果常常是比较几秒或几分钟测得的数据或 21 min 获得的样品数据的平均值。对于稳定的运行过程, 比较结果可能令人满

意, 如常见的锅炉。当运行过程变化大时, 比如城市废弃物燃烧, 用这样的结果进行比较就不适合评价连续排放监测系统的性能。从采样技术上讲, 定时采样时, 用定时采样期间连续排放监测系统记录数据的算术平均值替代其运行 21 min 的平均值。

在比较数据中存在的问题常常采用自动的参比方法予以克服。比较和评价图谱记录仪记录的数据或微处理机产生的数据比由手工参比方法获得的数据更容易。由参比方法和连续排放监测系统获得的数据必须校正到相同的基准, 最典型的是换算到参比状态下 (20 °C, 101.3 kPa) 烟气为干基和校正到含氧量为  $O_2\%$  或含二氧化碳为  $CO_2\%$  时的数据。

由于有许多问题, 用数据解释不清楚。因此, 检验前管理机构、排放源的所有者、运行者和源的检验者对数据的获取、比较和计算达成一致的意见, 是必不可少的步骤。

### 3.3 获取检验数据

进行检验时, 在断面测量线上 3 个测点中的每个测点上获取参比方法数据。有以下几种方案:

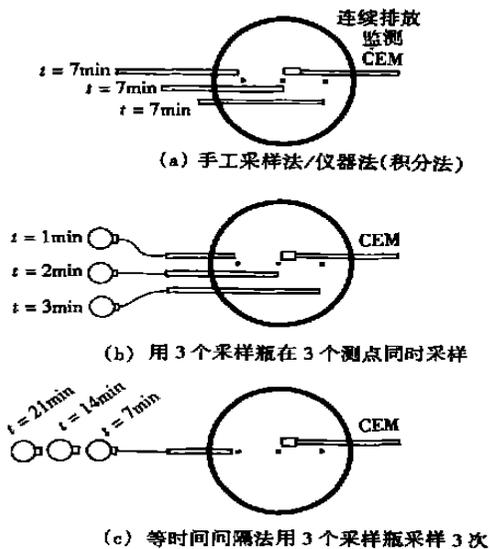


图 3 参比方法采样法

(1) 手工参比方法(积分采样), 每个测点采样 7 min, 见图 3a;

(2) 另外的参比方法(积分采样), 每个测点采样 7 min(仪器法), 见图 3a;

(3) 手工参比方法(定时采样), 在 3 个测点同时采样(3 min 内), 见图 3b, 在低于或等于 21 min 时段内等时间间隔采样, 见图 3c。

重复上述方法共得到 9 组数据。获得每组数据用时 30 min~ 60 min, 因此, 在一天中应有足够的检验人员进行相对准确度检验。检验人员可能要进行 12 次测试和得到 12 对数据, 可以根据判断剔除 3 对数据, 剔除的数据不参加统计, 但必须报告包括剔除数据在内的所有数据。

虽然在性能技术条件中给出了在 30 min~ 60 min 内获得稀释气体和含湿量的方案, 但测定污染物的同时就获得了稀释气体和湿度的含量。测量中的采样误差与污染物的测量误差一样对于计算相对准确度是很重要的。因此, 应尽可能保持稀释气体和含湿量测量结果的一致。

### 3.4 检验结果的计算

通过仪器测定的排放值(按标准单位)与参比方法测量值比较确定连续排放监测系统的相对准确度。前面已经提到, 参比方法可以是手工方法, 也可以是仪器方法。当比较连续排放监测系统数据和手工参比方法数据时, 则需要更多的计算。手工参比方法中, 报告来自分析实验时的数据的单位用毫克污染物每干基标准立方米表示。结果要修正到标准大气压 101.3 kPa 和温度 293 K 下。参比方法和连续排放监测系统数据的单位必须相同, 均应为干基状态的数据。由于现场分析仪、稀释探头和某些抽取系统(这些系统测量热的气体)测量的是湿基中污染物的浓度, 校准含湿量可能是必要的。

相对准确度是由参比方法数据和连续排放监测系统数据对差的平均值的绝对值与置信系数  $CC$  绝对值  $|CC|$  的和除以参比方法平均值(或应用标准值)确定的。由下式计算相对准确度:

$$* RA = (|d| + |CC|) / \overline{RM} \times 100\%$$

式中:  $d$  ——数据对差的算术平均值;

$CC$  ——置信系数;

$\overline{RM}$  ——参比方法平均值,  $\overline{RM} = \sum RM_i / n$ ,  
 $n = 9, \dots, 12$  或应用标准值;

$RM_i$  ——参比方法第  $i$  组数据, 按标准单位表示的参比值。

差的平均值表明连续排放监测系统数据和参比方法数据的系统误差或偏差。置信系数是反映数据范围的一种表示方式, 和检验时的随机误差有关。

数据对差( $d_i$ )的计算:

$$d_i = RM_i - CEM_i$$

式中:  $CEM_i$  ——连续排放监测系统第  $i$  组数据, 按标准单位表示的  $CEM$  系统测试值。

数据对之间差的平均值的绝对值的计算:

$$|d| = \left| \sum d_i / n \right|$$

式中:  $n$  ——数据对个数。

计算数据对差的和时, 保留差的符号(例如: 绝对值是指总和, 而不是单个的  $d_i$  值), 置信系数 ( $CC$ ) 由  $t$  表中(表 1)查得的统计值和数据对标准差表示:

$$CC = t_{0.975} \times S_d / \sqrt{n}$$

式中:  $t_{0.975}$  ——指 95% 的置信水平, 确定值有 2.5% 的偏差。

表 1  $t$  值表

$n$	$t_{0.975}$	$n$	$t_{0.975}$	$n$	$t_{0.975}$
2	12.706	7	2.447	12	2.201
3	4.303	8	2.365	13	2.179
4	3.182	9	2.306	14	2.160
5	2.776	10	2.262	15	2.145
6	2.571	11	2.228	16	2.131

注: 表中的值已校正到  $n-1$  自由度,  $n$  指单个值的个数。

$$S_d = \left[ \sum d_i^2 - (d_i)^2 / n - 1 \right]^{1/2}$$

式中:  $S_d$  ——相对准确度检验中所得数据对有效期的标准偏差。

## 4 检验报告

检验报告应用文字表明对连续排放监测系统进行的检验和产生的检测结果。报告应含有所有的数据, 包括复核报告参数所需要的原始数据。

要求至少报告以下内容:

- (1) 校准漂移和相对准确度检验结果;
  - (2) 数据表;
  - (3) 计算;
  - (4) 图谱或计算机打印出的连续排放监测系统的响应值;
  - (5) 钢瓶气或校准管的浓度值和保证书。
- 有的机构对报告另有要求或要求专门的格式和表格。

\* 本刊 2000 年第 4 期第 45 页右栏第 11 行公式及其定义因原文有误, 请按本期公式及其定义更正, 敬请广大读者谅解。

本栏目责任编辑 聂明浩