

• 国外环境 •

# 连续排放监测系统性能检验

## 第一部分 安装和技术条件

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)04-0042-04

美国 EPA、国家标准化组织(ISO)和许多欧洲国家已经建立了检验连续排放监测系统性能的方法。作为管理上的需要,应建立国家级的检验方法。当连续排放监测系统为控制任务提供数据时,必须按国家规定的检验方法进行检验。不同的连续排放监测系统,有不同的检验方法,但检验方法中基本都包括了与参比方法进行比较。表1给出了美国 EPA 已经建立的检验连续排放监测系统特征技术指标的方法。在 40 CFR 60 附录 B 中对 NSPS 源也规定了特征技术条件。

业已发现连续排放监测系统的检测器在一个工厂可能工作得很好,但相同型号的检测器在另一个

工厂可能得出错误的监测数据;也发现安装上存在差别。因而不仅仅对检测器而应对整套系统(探头或烟道界面,调整系统,分析仪,数据采集、处理系统)能否提供正确的数据进行评估。必须根据烟道条件和安装的连续排放监测系统的特性逐台检验。

牢记确保系统获得有代表性的烟气排放数据和已经建立保证连续排放监测系统安装质量的检验方法是重要的。为达到获取有代表性的监测数据和好的安装质量,安装技术条件、性能技术条件和检验方法得到了全面发展。应当注意,评估是对性能技术条件的评估而不是对系统连续运行的评估,系统长期运行取决于质量保证(QA)计划的实施。

表1 性能技术条件文件对照

编 号	系 统 类 型	FR 参 考	颁 布 或 修 订 日 期
性能技术条件(PS) 1	不透明度	48FR13322	1983- 03- 30( 修订)
性能技术条件(PS) 2	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>	48FR23608	1983- 05- 25( 修订)
性能技术条件(PS) 3	O <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub>	48FR23608	1983- 05- 25( 修订)
性能技术条件(PS) 4	CO	50FR32984	1985- 08- 05( 颁布)
性能技术条件(PS) 5	总还原硫( TRS)	48FR32984	1983- 07- 20( 颁布)
性能技术条件(PS) 6	流速、质量排放速率	53FR07514	1988- 08- 09( 颁布)
性能技术条件(PS) 7	H <sub>2</sub> S	54FR18308	1990- 10- 02( 颁布)

### 1 安装技术条件

安装连续排放监测系统有两点基本要求: (1) 测量结果必须能代表烟气的排放; (2) 在维修和修理系统时, 采样位置易于接近。要满足可接近的条件常常是很困难的, 特别是现有源, 设计烟道或管道时没有考虑采样位置。在新排放源中, 就设计工程的重要性而言, 常常把采样条件放到了第2位。

#### 1.1 可接近性

由于维修的频率和质量直接与连续排放监测系统的可接近性有关, 对于任何连续排放监测系统, 在设计时要重点考虑探头或检测器的位置。遮

蔽探头或检测器的地点最好是通过电梯或楼梯到达, 而不是不遮蔽和通过直爬梯到达。系统安装在锅炉房或烟囪和烟囪套筒之间的环行台上, 在监测地点装上风雨罩。将系统暴露在房顶或安装在狭

收稿日期: 2000- 05- 08

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 食品质量监督检验、固定源连续排放监测研究和环境监测系统计量认证工作。

小的空间里是不可取的, 但是为了在有代表性地点测量有时又不得不选择这样的位置, 在有些情况下, 安装一个适合于一个人在监测点进行维护的小组合式风雨罩也是必要的。安装在烟囱上的现场分析仪, 长期运行时, 必须要考虑振动、外界光线、环境大气压、极限温度以及可接近性和代表性。

1.2 代表性

代表性是指直接代表污染物浓度或排放率的测量或能够通过校正代表排放源的总排放。虽然确定监测系统位置时, 可接近性是重点考虑的因素, 如果该位置不能得到有代表性的烟气样品, 则很少选择这样的位置。在管理规则定义中, 浊度仪的代表性是指检测器应安装在所测量的不透明度与排放烟气实际不透明度相符合的位置上。当按烟囱排放考虑连续排放监测系统总准确度时, 被测样品的代表性取决于测量位置, 就像测量准确度取决于分析仪一样。

1.3 气体分层

流动的气体通常混合均匀, 但是存在温差或不同的气流相汇时可能发生分层, 如图 1 烟道泄漏进入空气, 两股气流相汇进入一个烟道或洗涤塔旁路气体再进入烟道, 都可能导致气体分层。燃烧源预热器附近通常发生空气泄漏, 已经观察到来自燃烧室的未充分混合的氮氧化物气流。分层问题的复杂性, 不仅仅是分层的空间性而且分层也发生瞬时变化(如随着时间变化而变化)。当工艺过程或其他条件发生变化时, 气体分层可能发生动态变化。

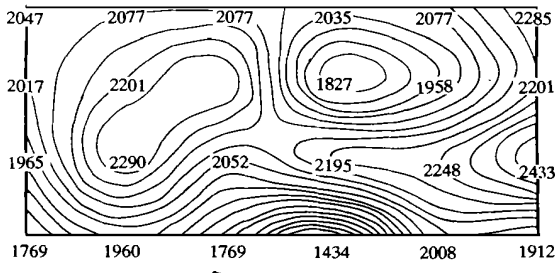


图 1 二氧化硫气体分层

1.4 颗粒物分层

烟气中的颗粒物可能分布不均匀。由于颗粒物的动量, 它们不可能像烟气流过水平抽气系统那样迅速改变方向, 而会在工作管道的某一位置上形成颗粒物浓度梯度, 见图 2。颗粒物可能在相当长的一段烟道上分层, 分层主要取决于以下 4 点:

- (1) 颗粒物粒径大小;
- (2) 烟气流速;
- (3) 关心地点和扰动之间的距离;
- (4) 扰动的性质。扰动可以发生在烟道弯头、泄漏空气的地方或发生在烟道出口。

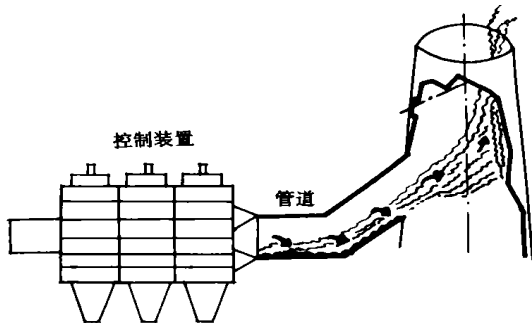


图 2 管道和烟道中颗粒物分层

在一个长的水平烟道, 由于重力作用, 能导致大颗粒物在烟道底部分层。分层问题可能是因烟气流速低, 气流运载大颗粒物的能力降低而致。烟道弯曲处、风机处以及阻碍气流流动处也影响气流中颗粒物的分布。并且, 气流螺旋式流动, 能够使气流从一个烟道沿正切方向进入另一个烟道, 见图 3。在气流涡流处, 就很难找到代表实际排入不透明度的监测位置。

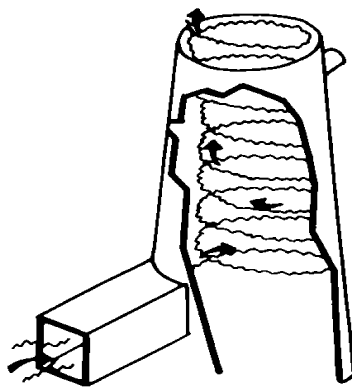


图 3 旋流形式

设置取代不透明度而能代表质量浓度的监测位置时, 就出现另一个问题。手工采集固定源颗粒物测试方法对采样点的设置有自己的规则, 可能不同于浊度仪测试位置的设置。由于浊度仪测定的是不透明度, 不是质量浓度, 因此测量不透明度的某些最佳位置对于抽取式手工参比方法采样是很困难的(比如扰动大的区域)。实际上, 测定有代表性不透明度的重要因素是烟气中不同粒径颗粒物要充分的混合, 扰动区域(有足够的时间混合)是很好的监测位置, 但由于气流的旋转和波动就不适合手工采样。

### 1.5 分层程度的定量

在烟道或管道分层的程度是能够定量的。有关确定烟道或管道断面气体浓度分层的方法已有报道。以矩形管道为例,将断面分成9个等面积,各设置一个采样点,每个采样点的分层程度按下式计算:

$$\text{点的分层百分比} = (C_i - C_{ave}) / C_{ave} \times 100\%$$

式中:  $C_i$  ——  $i$  点污染物浓度;

$C_{ave}$  —— 9个采样点的平均浓度。

如果比值大于10%,该点为分层点。

定量分层的其他方法是计算分层测试中所测数据的平均值和标准偏差,用标准偏差确定分层。可以规定偏离采样断面平均浓度  $2\sigma$  时为分层。例如:  $2\sigma = 11\%$ , 则表明,采样断面任一点测量结果比平均浓度偏离  $\pm 11\%$  概率为95%。这样的处理方法是假定单独测量结果为正态分布。

进行分层测试时,较好的方法是定期单点采样,以便于使用仪器。如果气体浓度发生时空变化,就可利用所得到的数据予以确认。在采样期间,如果采样点浓度是变化的,解释断面的数据是否分层就很困难。

如果需要了解污染物流动分布的所有特性,要做好分层测试是很困难的而且费用昂贵。许多连续排放监测系统已经安装在新工厂,必须与工厂同时运行,而采样位置在设计和建设期间就定下来了,因此通过分层测试指导在新工厂安装连续排放监测系统,实际上是不可能的。

### 1.6 EPA 建议的测量位置

美国 EPA 于1991年制订了在工厂有代表性的位置安装连续排放检测系统的指南。测量位置的如下:

(1) 探头位置。位置所在地点至少离最近的控制装置、污染物产生地点、污染物浓度可能发生变化或排放率可能发生变化的地点下游两倍烟道直径处;离排气装置上游一倍半烟道直径或当测定非控制排放时,离控制装置上游一倍半烟道直径处。但上述规则并不能保证该位置烟气浓度不分层。

#### (2) 烟道或管道中的测点

选定采样探头和监测器测量位置后,建议探头前端距离烟道或管道壁应大于1m;探头前端监测器位于烟道或管道断面形心区或超过形心区。对于路径或现场监测器,建议测量路径距离烟道或管道1m以内的范围除外;至少70%的路径在烟道

或管道断面的50%以内,路径通过形心。

稀释监测器应在同一测点采样,若因泄漏空气的影响,测量断面上两点之间氧或二氧化碳浓度变化,则不能确保连续排放监测系统的准确测量。

如果不能确保连续排放监测系统的准确测量,而问题又是测量位置引起的,就不得不更换系统的安装位置。可以利用校准技术避免更换安装位置,但做起来常常是困难的。在气流分层高的情况下,当污染物浓度的空间分布随时间变化而变化时,烟气中组分在单个测点的浓度和断面平均浓度具有相关性的迹象是很少的。

### 1.7 浊度仪安装指南

美国 EPA 建立浊度仪安装技术条件时考虑了两方面的因素:安装位置和测量路径。符合 EPA 规则安装位置的实际不透明度能否代表实际排放;必须在通过大量的测试选取有代表性的位置和任意地选择方便的位置之间确定一个折中方案。

测量位置条件如下:

(1) 监测器应安装在测得的不透明度能代表总排放的位置上,选择时主要考虑烟气在该处已充分混合。

(2) 日常维护时(如清洁隔离烟气的玻璃镜片和维护鼓风机)要易于接近监测器;可接近性对于校准检查和光学准直检查是同等的重要。

(3) 监测器应安装在所有烟气颗粒物控制装置的下游。

(4) 监测位置不得出现水滴(冷凝水蒸气)。

(5) 如果环境光线对监测器有影响,则应避开这样的位置(远离烟道的顶部或漏光的管道)。

烟气中颗粒物存在梯度时,应选择测量路径,使测量路径全部通过这些梯度。在弯头后,如果颗粒物受方向指向外壁的力的作用,测量路径应位于弯头所在平面上,而不是垂直于该平面(图4)。该例中,如果颗粒物分层,测量路径设置在垂直于弯头所在平面时,可能全部通过低浓度颗粒物区域;测量路径设在弯曲面构成的平面上,更能代表总排放。

为了得到既有代表性的测量结果又符合可接近性要求的折中方案,已经建立了确定测量路径的若干规则。规则中规定了监测路径离水平和垂直弯曲面的距离,距离的大小用烟道直径倍数表示。由于对安装的要求和对测量路径的规定既要从科学上又要从管理上考虑,是一个折中的方案,因此最好的办法是安装前工厂和管理机构双方取得一

致的意见。

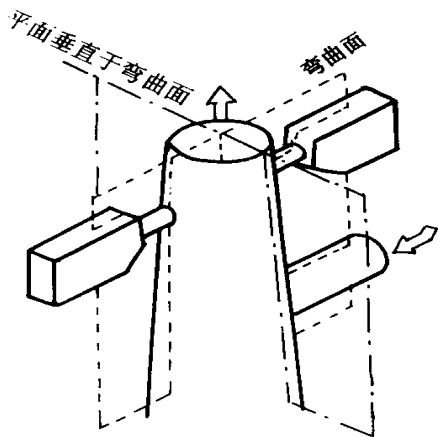


图 4 监测器安装在弯曲面上

## 2 连续排放监测系统性能和技术条件

美国 EPA 和 40 CFR 60 附录 B (U. S. EPA 1991 b) 中规定了气体监测器主要性能技术条件。类似的技术条件见 U. S. 联邦计划出版物, 如酸雨 (40 CFR 75) 和危险废弃物焚化 (40 CFR 26)。在

规定的技术条件中, 连续排放监测系统必须符合两个主要的规则: (1) 标准漂移; (2) 相对准确度。具体规定如下:

**校准漂移。**在规定的运行期间后, 连续排放监测系统输出的读数与已确定的参比值之差, 在运行期间没有计划外的维护保养、修理和调节。

**相对准确度 (RA)。**连续排放监测系统测定气体浓度 (或排放率) 和参比方法测定值差的平均值的绝对值与系列检测结果 2.5% 误差置信系数除以参比方法测试结果的平均值 (或应用的排放限值) 的商之和, 即

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

式中:  $d$  ——参比方法与连续排放监测系统测定结果差的平均值;

$CC$  ——置信系数;

$\overline{RM}$  ——参比方法测试结果平均值。

绝大多数连续排放监测系统能满足校准漂移技术条件, 但在某些情况下, 分析器漂移可能超过要求, 由于微处理器自动进行校准, 使系统的漂移在规定的范围内。实际技术条件应满足表 2 给出的指标。

表 2 气体连续排放检测系统技术条件

检测项目	校准漂移	相对准确度
		20% $RM$ , 标准单位
		10% 的应用标准 (标准 > 130 ng/J)
$SO_2, NO_x$	2.5% 满量程	15% 的应用标准 (86 ng/J < 标准 < 130 ng/J)
		20% 应用标准 (标准 < 86 ng/J)
$O_2, CO_2$	0.5%	20% $RM$ 或 1.0%
CO	5% 满量程 (7 天检测时间中有 6 天)	10% $RM$ , 标准单位; 5% 应用排放标准
TRS	5% 满量程 (7 天检测时间中有 6 天)	10% $RM$ , 标准单位; 1% 应用排放标准
流量	3% 满量程	10% $RM$ , 标准单位; 10% 应用排放标准
$H_2S$	5% 满量程 (7 天检测时间中有 6 天)	20% $RM$ , 标准单位; 10% 应用排放标准

TRS: 总还原硫

测定值的准确度由其值与标准或真值的关系表达。排放源监测中不能测量真值, 因此准确度通常是相对参比方法测量值而言的。参比方法测量值由手工湿化学技术或其他仪器方法获得。

美国 EPA 计算连续排放监测准确度的方法是比较数据对, 由此引出“相对准确度”的表达式。相对准确度含有两层意思, 一为连续排放监测值与参比值的平均偏差, 另一为“跨距”或“精密度”的估计值。

相对准确度实质上仅给出了一个点准确度的估计值, 是相对准确度检测时排放 ( $RM$ ) 的平均

值。改进的相对准确度表达式由排放标准代替  $RM$ , 以适应在低排放值时表达相对准确度。各种相对准确度的改进式是为适应管理的需要, 但统计意义不大。应当注意, 相对准确度取决于参比方法本身的准确度和精密性。

尽管相对准确度表达式存在不足, 但通过相对准确度能表明新安装的连续排放监测系统是可接收的或是不可接收的, 能用相对准确度确定连续排放监测系统总体性能。