

Huanjing Jiance Yiqi Jiance Jishu Shiyong Zhinan

环境监测仪器检测技术 实用指南

梁永 张民 主编



中国质检出版社
中国标准出版社

环境监测仪器检测技术实用指南

梁 永 张 民 主编

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

环境监测仪器检测技术实用指南/梁永,张民主编. —北京:中国质检出版社, 2016.8

ISBN 978 - 7 - 5026 - 4321 - 8

I. ①环… II. ①梁… ②张… III. ①环境监测仪器—操作—指南
IV. ①X85 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 145770 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www. spc. net. cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 14.25 字数 268 千字

2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月第一次印刷

*

定价:56.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

编委会名单

主 编：梁 永 张 民

副 主 编：杨 凯 张胜军 曲中华 梁 正

潘月海

编审人员（以章节先后为序）：

陈仲辉 张文阁 李 振 王兆欣

杨 涛 关 瑜 隋 峰 黄阳玉

石 霜 徐 明 丁臻敏 夏 春

王启燕 李 婷 陈光成 宋述古

邓春磊 赵 亮 邵绪洋 陈永坤

吴富强

序

伴随着世界经济与工业的快速发展,世界环境问题日益突出,环保、节能减排已经逐渐成为世界各国关注的热点。监测仪器是环境监测工作必不可少的工具,而监测仪器的计量性能直接影响到监测数据的准确性,所以做好监测仪器的计量检定工作就显得尤为重要。

《环境监测仪器检测技术实用指南》以青岛崂山应用技术研究所产品为依托,集环境监测技术和计量检定于一体,分别从环境监测角度和计量检定角度详细介绍了各类监测仪器的使用方法和计量检定(或校准)方法,内容涉及烟尘采样器、烟气分析仪/采样器、环境空气采样器、环境空气颗粒物采样器、油气回收系统检测仪系列、大气降水检测仪器、崂应环保监测仪器校准器系列等七大系列。烟尘采样器和烟气分析仪/采样器属于固定污染源废气监测范畴,与当前固定污染源低浓度排放相呼应;环境空气采样器和环境空气颗粒物采样器属于环境空气监测范畴,主要包括 SO_2 , NO_x , TSP, PM10、PM2.5 等监测;油气回收系统检测仪主要用于储油库、加油站、油罐车的油气回收系统的检验;大气降水检测仪器主要针对酸雨的监测;崂应环保监测仪器校准器系列主要对各类环境监测仪器进行检定或校准。

从环境监测角度,《环境监测仪器检测技术实用指南》参照环保部监测技术规范,详细介绍了环境监测的操作步骤及注意事项等,易于掌握、便于操作。一方面为环境监测人员现场操作提供技术指导,保证现场监测方法科学合理,监测结果准确可靠;另一方面为计量检定人员更加熟悉和了解监测仪器现场使用过程,制定更加切实可行的计量检定规程提供依据。

从计量检定角度,《环境监测仪器检测技术实用指南》按照计量检定规程要求,将检定规程与监测仪器有机结合,图文并茂,通俗易懂。不仅仅是

为计量检定人员培训提供一本教材,更重要的是让检定人员更好地了解被检仪器、更加透彻地理解规程和执行规程。

《环境监测仪器检测技术实用指南》一书为环境监测领域和计量领域专家实际操作提供了一本图文并茂的非常实用的好教材,读者必将从书中获取有益的知识,提高实际操作能力,从而促进我国环境监测能力和计量检定水平不断提高。

中国计量科学研究院副院长



2016.7.6

前 言

随着社会的快速发展,以及能源消耗和机动车的快速增长,大量二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物等排放到空气中,严重危害大气环境。酸雨、重度雾霾等直接造成我国粮食、蔬果减产,林木死亡,土壤和水体酸化,甚至会造成人体呼吸系统疾病,严重威胁到人民的身体健康。环境监测、环境治理迫在眉睫。因此,环境监测仪器的日常检定、使用、维护变得非常重要。

2015年11月,为充分发挥中国计量科学研究院与青岛崂山应用技术研究所以各自优势、为参训人员提供理论与实践相结合的培训环境,中国计量科学研究院培训中心与青岛崂山应用技术研究所以签订合作协议,在青岛崂山应用技术研究所以建立“全国计量专业人员实际操作培训基地”,由青岛崂山应用技术研究所以提供环境监测类仪器实际操作的培训老师、培训用仪器、培训场地等,协助完成环境监测类仪器的计量专业人员的理论及实际操作培训。

鉴于上述原因,我们编写并出版《环境监测仪器检测技术实用指南》一书,目的在于扩大计量专业人员及环境监测一线工作人员的知识视野,提高计量人员及环境监测人员对仪器检定、简单故障分析、现场采样等问题辨析的能力,为实际工作提供技术支持。

为更好地完成本书编写,我们组织计量技术法规与标准制定、质量检验、客户服务的一线技术人员,总结他们在实际工作中累积的丰富的实践经验,依据计量检定规程、国家行业标准等要求,对青岛崂山应用技术研究所以产品的现场监测技术、使用常见问题及解决方法、检定校准等进行整理汇总,由产品的设计人员审核,青岛市环境监测中心站张胜军研究员对现

场采样技术审查把关,中国计量科学研究院领导审阅,最终形成本书正式文本。在此,对中国计量科学研究院的各位领导、对张胜军研究员、对参与编纂和审核的人员表示由衷的敬意和感谢。

由于本书涉及的环境监测仪器种类很多,执行的监测标准和检定规程的专业性很强,且我们的知识水平和实际经验的局限,很难保证本书无疏漏、不妥甚至错误之处,恳请各位读者谅解并批评指正。

编 者

2016 年 5 月

目 录

第一章 烟尘采样器	1
第一节 烟尘监测标准	1
第二节 烟尘采样方法	2
第三节 烟尘采样器工作原理	3
第四节 烟尘采样器组成	6
第五节 烟尘采样实例	13
第六节 烟尘采样器简单故障及解决方法	23
第七节 烟尘采样器检定实例	24
参考文献	32
第二章 烟气分析仪/采样器	34
第一节 烟气分析仪产生背景	34
第二节 气态污染物(烟气)采样分析方法原理	35
第三节 烟气分析仪原理	37
第四节 国内外现状和发展趋势	45
第五节 烟气采样装置	46
第六节 采样位置与采样点的确定	51
第七节 现场监测仪器的特性分析	53
第八节 烟气采样	59
第九节 使用维护保养	65
第十节 采样常见问题及解决办法	65
第十一节 质量控制	69
第十二节 采样标准及检测技术	70
参考文献	75
第三章 环境空气采样器	76
第一节 环境空气采样方法	76
第二节 环境空气采样器	84

第三节	环境空气采样	85
第四节	空气采样器常见问题及解决方法	92
第五节	环境空气采样器的检定	93
参考文献		99
第四章	环境空气颗粒物采样器	101
第一节	仪器产生的背景与工作原理	101
第二节	采样标准及检测技术	103
第三节	仪器使用常见问题及解决方法	118
第四节	仪器的检定	120
参考文献		125
第五章	油气回收系统检测仪系列	126
第一节	油气回收装置发展历程	126
第二节	国内油气回收装置现状	128
第三节	现场检测技术	130
第四节	仪器检定	163
第五节	仪器标定	174
第六节	仪器使用常见问题及解决方法	180
参考文献		180
第六章	大气降水检测仪器	182
第一节	仪器产生的背景	182
第二节	应用现状	182
第三节	湿沉降的采样与分析	183
第四节	仪器使用常见问题及解决方法	195
第五节	仪器的校准	196
参考文献		210
第七章	崂应环保监测仪器校准器系列	211
第一节	大气采样器校准器系列	212
第二节	总悬浮颗粒物采样器校准器系列	215
第三节	烟尘采样器校准器系列	217

第一章 烟尘采样器

颗粒物是固定污染源监测中的常规测试项目,为了对颗粒物排放进行实时监督和控制,环保部门需要定期进行固定污染源颗粒物的监测。目前,固定污染源颗粒物浓度的测试方法主要分为直接测量法和间接测量法。直接测量法是根据采集颗粒物的重量和采样体积计算出颗粒物的浓度,如重量法。间接测量法是利用颗粒物的特性与质量浓度存在一定的关系,通过测量颗粒物的特性转化为颗粒物的浓度,如光散射法、 β 射线法等^[1]。

第一节 烟尘监测标准

一、国内烟尘监测标准

随着环境污染治理技术的提高,国家和地方越来越重视对固定污染源排放的限制,相继制定或修订一系列炉窑和火电厂的排放标准。如 GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》和 DB 37/664—2013《山东省火电厂大气污染物排放标准》均把固定污染源排气中颗粒物排放浓度降至 30 mg/m^3 以下;北京市于 2007 年相继颁布了地方标准 DB 11/139—2007《锅炉大气污染物排放标准》和 DB 11/501—2007《大气污染物综合排放标准》,也将颗粒物允许排放限值限制在 20 mg/m^3 以下^[2-5]。

二、国外烟尘监测标准

近年来,发达国家在低浓度烟尘采样及分析技术进行全面研究,包括低浓度颗粒物的采样及检测方法。国际标准化组织(ISO)、美国国家标准学会(ANSI)、美国环境保护局(USEPA)等机构均针对烟尘采样制定相应的方法标准,如表 1-1 所示。

在上述方法标准中,ANSI 方法规定了滤膜采集颗粒物的最小质量,并应用空白滤膜和专门的称量技术以提高测量准确性;ISO 12141 方法规定了采集低浓度颗粒物时要清洗采样过滤介质前端的采样管,指出采集到烟尘浓度是相应全程序空白值标准偏差 5 倍以上,测试结果有效,并且可以通过增大采样体积或延长采样时间来达到要求,以降低采样和分析过程中的误差;US EPA 方法也提出通过增大采样体积或延长采样

时间来测定低浓度颗粒物。

表 1-1 国外烟尘监测方法标准^[6-9]

标准编号	标 准 名 称
ISO 12141:2002	固定源排放-低浓度颗粒物(粉尘)的质量浓度测量-手工重量分析法
ISO 9096:2003	固定源排放-颗粒物质量浓度的手工测定
ANSI/ASTM D 6331—1998	低浓度下测定固定源排放的颗粒物浓度的试验方法(手工重量分析法)
US EPA Method 5I	低浓度颗粒物排放规定

总之,国家标准的执行就需要有相应的监测手段,对于烟尘浓度的监测,目前重量法仍是最经典的监测方法,也是间接监测方法的校准基础。GB 5468—1991《锅炉烟尘测试方法》和 GB/T 16157—1996《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》中明确规定了固定污染源颗粒物的基本测定方法是过滤称重法(即重量法)^[10-11]。

第二节 烟尘采样方法

一、国内烟尘采样方法

目前,我国关于固定污染源排气中颗粒物的采集与测定主要依据标准 GB/T 16157—1996《固定污染源排气中颗粒物和气态污染物采样方法》^[11]进行。具体方法是根据预先测出的排气温度、压力、含湿量和流速等参数,选择合适的采样嘴直径,计算出等速采样条件下各采样点所需的采样流量,将烟尘取样管直接插入烟道中,在各测量点进行等速采样。抽取一定体积的含尘气体,根据采样前后滤筒或滤膜的质量变化量计算排气中颗粒物的浓度。

烟气排放连续监测系统(Continuous Emission Monitoring System,CEMS)是用于连续测定颗粒物和气态污染物浓度和排放率所需要的全部的设备,一般是由采样、测试、数据采集和处理三个子系统组成的监测体系^[12]。测量颗粒物的参比方法是以 S 形皮托管测定烟气流速实现等速采样的,当流速在 5 m/s 以下,用 S 形皮托管测流速比较困难,测定结果准确度差。因此,参比方法采样点应尽可能选在烟气流速大于 5 m/s 的位置。

二、国外烟尘采样方法

EPA Method 5 采用动压平衡采样法对固定源的细颗粒物的排放进行采样^[13]。它将滤筒放置在烟道外,并加热到恒定的温度,以略高于烟气温度为宜,通常为 121 ℃ 或 160 ℃。对不同烟道颗粒物的采集可以使用同样的采样温度。此外,该方法中还对滤筒进行加热,避免水汽在滤筒上凝结。EPA Method 17 是用等速采样头将烟气引入采样管道,管道中放置的滤筒也伸入烟道内,烟气经过时,烟气中的颗粒物以相同的烟气速度被捕捉到滤筒内部,完成采样^[14]。采样管后连接一系列置于冰浴中的采样器,采集滤筒未能收集的细颗粒物以及蒸汽冷凝的颗粒物。

第三节 烟尘采样器工作原理

烟尘采样器基本原理是过滤称重法,即将定量含尘气体通过已知质量的滤筒或滤膜时,尘粒被阻留,经过除去非化合水后,根据采样前后滤筒或滤膜的增量,计算出单位体积烟尘中颗粒物的质量。

一、等速采样原理

测定烟尘的浓度必须采用等速采样的方法,即采样的速度与采样点处烟气流量相等。如果采样速度大于或小于采样点烟气流速都会影响测量结果。图 1-1 为不同的采样流速下颗粒运动情况。

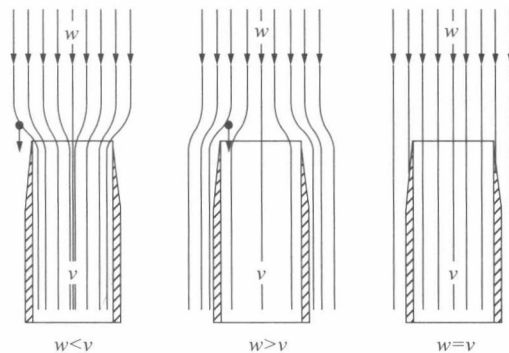


图 1-1 不同采样流速下颗粒运动情况

当采样速度 v 大于采样点烟气速度 w 时,处于采样嘴边线以外的部分气流进入采样嘴,但是由于大颗粒惯性作用,不能改变方向随气流进入采样嘴,继续沿着原来的方

向前进,使采取样品浓度低于采样点的实际浓度;当采样速度 v 小于烟气速度 w 时,情况恰好相反,采取得样品浓度高于采样点的实际浓度。因此只有采样速度 v 等于采样点的速度 w 时,采取的样品浓度等于采样点的实际浓度。

等速采样方法又可分为动压平衡等速采样法、静压平衡等速采样法、预测流速采样法和皮托管平行测速采样法。

(一) 动压平衡型等速采样法

该方法将装有孔板的采样管、S 形皮托管、热电偶温度计组成一体插入烟道测点处。该方法是利用等速采样管中的孔板在采样抽气时产生的压差与等速采样时与采样管平行放置的 S 形皮托管所测出的气体动压相等来实现,该方法与采样嘴口径无关,采样过程中,手动调节流量,采样抽气使孔板产生的压差与采样管平行放置的皮托管测出的气体动压相等。

(二) 静压平衡型等速采样法

静压平衡采样法是利用专门的能感知采样嘴内外壁静压的采样管,调节采样流量使采样嘴内外壁的静压相等,达到等速采样的条件。该方法也与采样嘴的口径无关,且无需皮托管,也能实现流速的自动跟踪,但需要特制采样管和多一套压力传感器,且仅适用于低含尘浓度的场合,高浓度的烟尘易堵塞静压感知孔而失准。

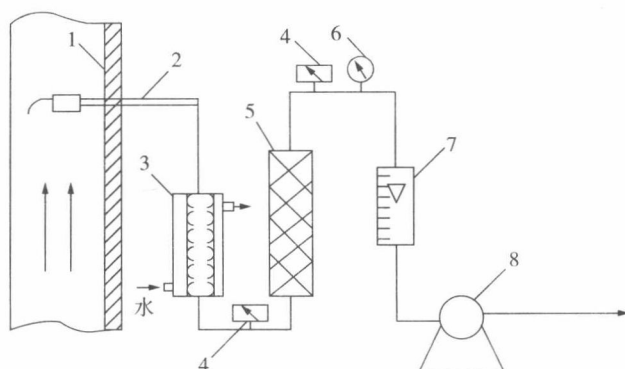
(三) 预测流速采样法

预测流速采样法又称普通采样法。该方法是在采样前先测出采样点的烟气温度、压力、含湿量等参数,再结合所选用的采样嘴直径,计算出等速条件下各采样点所需的采样流量。

预测流速法采样装置见图 1-2,由采样嘴、滤筒夹、滤筒及连接管组成,采样嘴的形状以不扰动气口内外气流为原则,其入口角度小于 45° ,嘴边缘的壁厚不超过 0.2 mm ,与采样管连接的一端内径应与连接管内径相同。

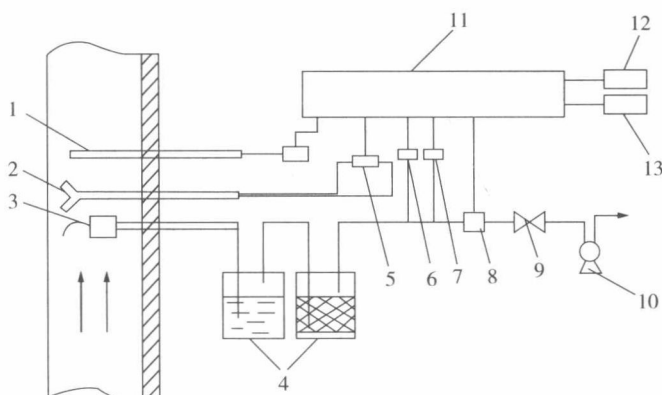
(四) 皮托管平行测速采样法

该方法将普通型采样管、S 形皮托管、热电偶温度计组装成一体插入烟道测点处,见图 1-3。根据预先测得的静压、含湿量、动压和温度等参数,结合选用的采样嘴直径,由计算机及时算出颗粒物等速采样流量,迅速调节采样流量至所需要的读数开始采样。此方法与预测流速法不同之处在于测定流量与采样几乎同时进行,适用于工况易变情况的采样。



1—烟道;2—采样管;3—冷凝器;4—温度计;5—干燥器;
6—压力计;7—转子流量计;8—抽气泵

图 1-2 预测流速采样法



1—热电偶或电阻温度计;2—皮托管;3—采样管;4—除硫干燥器;5—微压传感器;
6—压力传感器;7—温度传感器;8—流量传感器;9—流量调节装置;10—抽气泵;
11—微处理系统;12—微型打印机或接口;13—显示器

图 1-3 皮托管平行测速采样法

二、含湿量测量原理

微处理器控制传感器采集湿球、干球表面温度及通过湿球表面的压力,结合大气压,同时根据湿球表面温度自动查出该温度下的饱和水蒸气压力,计算出含湿量,如公式(1-1)所示。

$$X_{sw} = \frac{P_{bw} - 0.00066 \times (t_c - t_b) \times (B_a + P_b)}{B_a + P_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: X_{sw} ——含湿量,%;

- P_{bv} ——饱和水蒸气压力, kPa;
- t_c ——干球温度, $^{\circ}\text{C}$;
- B_a ——大气压, kPa;
- P_b ——湿球表面负压, kPa;
- P_s ——烟气静压, kPa;
- t_b ——湿球温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

第四节 烟尘采样器组成

烟尘采样器主要是由主机、烟尘多功能取样管、含湿量取样管等组成。其中烟尘多功能取样管可以根据需求选择常规多功能取样管和低浓度取样管。

一、烟尘采样器主机

烟尘采样器(又称烟尘测试仪)主机是微处理控制系统,主要功能是控制采样流量,并处理分析测量结果。随着市场的需要,青岛崂山应用技术研究所以经过多年的潜心研究和开发,先后研制出 3012H 自动烟尘(气)测试仪、3012H - C 超小型自动烟尘(气)测试仪、3012H - D 便携式大流量低浓度烟尘自动测试仪,见图 1 - 4。

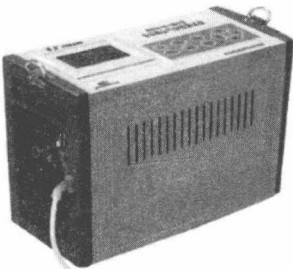
在上述这三种烟尘测试仪中, 3012H - C 超小型烟尘(气)测试仪是一款超小型烟尘采样器,重量比较轻,便于携带;3012H - D 则是一款专门针对低浓度采样的大流量烟尘采样器,它们的主要技术指标对比如表 1 - 2 所示。

表 1 - 2 三种采样器技术指标对比

技术指标 \ 仪器型号	3012H	3012H - C	3012H - D
采样流量	(10 ~ 60) L/min	(10 ~ 60) L/min	(0 ~ 100) L/min
烟气静压	(- 30 ~ 30) kPa	(- 30 ~ 30) kPa	(- 30 ~ 30) kPa
烟气动压	(0 ~ 2000) Pa	(0 ~ 2000) Pa	(0 ~ 2000) Pa
烟气温度	(0 ~ 500) $^{\circ}\text{C}$	(0 ~ 500) $^{\circ}\text{C}$	(0 ~ 500) $^{\circ}\text{C}$
等速采样流速	(5 ~ 45) m/s	(5 ~ 45) m/s	(5 ~ 45) m/s
等速响应时间	不超过 20s	不超过 20s	不超过 20s
采样泵负载能力	≥ 50 L/min (阻力为 20 kPa 时)	≥ 30 L/min (阻力为 20 kPa 时)	≥ 60 L/min (阻力为 20 kPa 时)



(a) 3012H自动烟尘（气）测试仪



(b) 3012H-C超小型自动烟尘（气）快速测试仪



(c) 3012H-D便携式大流量低浓度烟尘自动测试仪

图 1-4 三种类型烟尘测试仪

二、取样管

取样管是烟尘采样中不可或缺的一部分,根据采集对象浓度的不同,可将取样管分为常规多功能取样管和低浓度取样管。

(一) 常规多功能取样管

常规多功能取样管用于对烟道内的烟尘进行采样,其中包含弯头部分,可固定采样滤筒、铂电阻部分,可以测量烟道内的烟温、动压、静压以及流速等。其主要技术指标如表 1-3 所示。

表 1-3 常规多功能取样管技术指标

主要参数	参数范围及准确度
采样嘴	$\phi 4.5\text{ mm}$, $\phi 6\text{ mm}$, $\phi 7\text{ mm}$, $\phi 8\text{ mm}$, $\phi 10\text{ mm}$, $\phi 12\text{ mm}$
滤筒	标准 3#
长度	标准长度 1.5 m (特殊规格可订制)
重量	约 2.5 kg
适用烟道温度	(0 ~ 500) $^{\circ}\text{C}$