

不同烟气含湿量测量方法的适用性分析

许震,冯子健,杨海峰

(江苏康达检测技术股份有限公司,江苏 苏州 215000)

摘 要:使用干湿球法、重量法和阻容法 3 种常用的烟气含湿量测量方法,对 5 种固定污染源工况条件下的烟气含湿量进行测定,分析每种方法的适用范围和准确度。结果表明,重量法和阻容法测量结果的精密度、相关性、准确度较好;干湿球法对于温度超过 100 °C 的烟气,其测量结果准确度较低,且受到烟气正压影响比较大。

关键词:烟气;含湿量;干湿球法;重量法;阻容法;精密度

中图分类号:X831

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2018)03-0030-03

Applicability Analysis of Different Measurement Methods for Moisture Content of Flue Gases

XU Zhen, FENG Zi-jian, YANG Hai-feng

(Jiangsu Kangda Detection Technology Co. Ltd., Suzhou, Jiangsu 215000, China)

Abstract: Wet-and-dry-bulb thermometer measurement, gravimetric method and resistive and capacitive moisture measurement were used to measure the moisture content of flue gas under the working conditions of 5 stationary sources. The applicable range of each method was analyzed, as well as the method accuracy. The results show that the precision, correlation and accuracy of the gravimetric method and resistive and capacitive moisture measurement are good. For the flue gas with temperature over 100 °C, the wet-and-dry-bulb thermometer measurement has low accuracy and is positively affected by flue gas pressure.

Key words: Flue gas; Moisture content; Wet-and-dry-bulb thermometer measurement; Gravimetric method; Resistive and capacitive moisture measurement; Precision

固定污染源烟气测试中的含湿量可用烟气中水蒸气体积与湿烟气体积之比的百分数表示^[1]。文献[2-3]规定固定污染源的排放速率应用污染物浓度乘以标准状态下的烟气干排气量表示,所以含湿量测量的准确性直接影响到污染物排放量的计算。对于一些大型企业而言,提供准确、可靠的烟气含湿量数据是通过排放总量核查的关键^[4]。

目前,对于烟气含湿量的测量,手工监测方法多为干湿球法^[5],在线监测方法多用阻容法^[6],上述两种方法均操作简易,故被广泛使用。重量法是准确度最高的湿度测量方法,但是因其操作复杂,在手工监测中运用较少^[7]。

现选取 5 种固定污染源工况条件(普通常温工序、燃气锅炉、窑炉、燃煤火电锅炉、生活垃圾焚烧炉),用干湿球法、阻容法和重量法现场同步测量烟气含湿量,并对所测数据进行比对分析,探讨

3 种方法在烟气含湿量测量中的适用性。

1 测量仪器

1.1 重量法测量仪器

南京埃森 MDW-02 重量法烟气湿度仪,含湿量量程为 0~40% (V/V),最大流量 5 L/min。

1.2 干湿球法测量仪器

青岛崂应 3012 H 型自动烟尘(气)测试仪(新 08 代),含湿量量程范围为 0~60% (V/V),分辨率读数 0.1% (V/V)。

1.3 阻容法测量仪器

青岛众瑞 ZR-D 13 B 型阻容式烟气含湿量测量仪,含湿量量程为 0~40% (V/V),分辨率读数 0.01% (V/V)。

收稿日期:2018-02-26

作者简介:许震(1987—),男,工程师,本科,从事环境监测与评价工作。

2 测量步骤

影响烟气含湿量测量的因素主要是烟温、烟气流速、烟气负压等。根据以上影响因素,选取 5 个不同工况类型的污染源作为研究对象,分别使用 3 种不同的方法进行含湿量的比对测试,每个污染源测量 5 组数据。同步测量湿度测量点的烟气工况参数,包括烟温、流速、动压、静压(表 1)。

为增强实验的可比性,选择在同一断面的同一测试点进行测试,将 3 种方法交替操作,获取每种方法 5 ~ 10 min 内的稳定数据。

表 1 5 种典型污染源烟气工况参数

污染源	烟气参数			
	烟温/℃	动压/Pa	静压/Pa	流速/(m·s ⁻¹)
普通常温工序	25	24	-10	5.2
燃气锅炉	166	13	-27	4.7
窑炉	120	10	970	4.1
燃煤火电锅炉	54	16	-237	5.0
生活垃圾焚烧炉	135	100	-430	14.4

3 结果与讨论

通过测试,5 种典型污染源工况下的烟气含湿量测量结果见表 2。

表 2 5 种典型污染源烟气含湿量测量结果

污染源	测量方法	烟气含湿量/%					平均值	相对标准偏差/%
		1	2	3	4	5		
普通常温工序	重量法	1.65	1.73	1.61	1.71	1.72	1.68	3.07
	干湿球法	2.60	2.60	2.70	2.60	2.60	2.62	1.71
	阻容法	2.51	2.60	2.52	2.51	2.51	2.52	1.77
燃气锅炉	重量法	14.3	14.9	14.4	14.2	14.5	14.5	1.87
	干湿球法	10.1	11.6	10.6	9.50	10.5	10.5	7.36
	阻容法	14.1	14.5	14.1	13.7	14.3	14.1	2.10
窑炉	重量法	7.37	7.61	7.29	7.70	7.93	7.58	3.40
	干湿球法	4.80	4.90	4.20	5.10	5.60	4.92	10.3
	阻容法	7.00	7.30	6.90	7.40	7.30	7.18	3.02
燃煤火电锅炉	重量法	8.99	9.42	9.17	9.23	9.06	9.17	1.81
	干湿球法	8.90	9.30	9.50	9.20	9.00	9.18	2.60
	阻容法	8.60	9.40	9.00	9.10	8.70	8.96	3.58
生活垃圾焚烧炉	重量法	23.4	24.6	23.0	23.9	23.8	23.7	2.52
	干湿球法	18.6	19.6	17.9	17.9	18.1	18.4	3.90
	阻容法	23.0	23.4	23.2	22.8	22.5	23.0	1.52

3.1 普通常温工序

3 种方法测量普通常温工序烟气中的含湿量结果的相对标准偏差为 1.71% ~ 3.07%,精密度较好。重量法与其他 2 种方法比较,相对偏差较大,为 20.0% ~ 21.9%,说明其可比性较差、准确度较低。干湿球法和阻容法测量结果之间的相对偏差较小,为 1.95%,表明这 2 种方法测量结果的相关性较好、准确度较高。

重量法的工作原理是抽取污染源中一定量的烟气,使得水蒸气被吸湿装置吸收,若采样时间不够,会导致水蒸气不能被完全吸收,测试结果不准确。因此对于含湿量较低的烟气来说,建议将测量时间适当延长至 15 ~ 20 min。

3.2 燃气锅炉

干湿球法测量燃气锅炉烟气中含湿量结果的

相对标准偏差为 7.36%,精密度较差。该法与其他 2 种方法比较,相对偏差较大,为 14.6% ~ 16.0%,说明其可比性较差、准确度较低。阻容法和重量法测量结果之间的相对偏差较小,为 1.40%,表明这 2 种方法测量结果的相关性较好、准确度较高。

燃气锅炉烟温较高,平均温度达 166 ℃,用干湿球法测量烟气含湿量时,当湿球温度升至 100 ℃,便不再受气体湿度的影响,因此此种工况不宜使用干湿球法测量^[8]。

3.3 窑炉

干湿球法测量窑炉烟气中的含湿量结果的相对标准偏差为 10.3%,精密度较差。该法与其他 2 种方法比较,相对偏差较大,为 18.7% ~ 21.3%,说明其可比性较差、准确度较低。阻容法和重量法

测量结果之间的相对偏差为2.71%,表明这2种方法测量结果的相关性较好、准确度较高。

窑炉烟温较高,平均温度达120℃,且测试点位的静压达到970 Pa,高正压情况下,烟气不能平稳地通过含湿量检测器,导致数据不稳定,因此此工况不宜用干湿球法测量。

3.4 燃煤火电锅炉

3种方法测量燃煤火电锅炉烟气中的含湿量结果的相对标准偏差为1.81%~3.58%,精密度均较好。3种方法测量结果的相对偏差为0.73%~1.57%,说明3种方法测量结果的准确度较高。

3.5 生活垃圾焚烧炉

3种方法测量生活垃圾焚烧炉中烟气含湿量结果的相对标准偏差为1.52%~3.90%,精密度较好。干湿球法与其他2种方法比较,相对偏差较大,为11.1%~12.6%,说明其可比性较差。阻容法和重量法测量结果之间的相对偏差为1.50%,表明这2种方法测量结果的相关性较好。

生活垃圾焚烧炉烟温较高,平均温度达135℃,且生活垃圾中含水量大,此种工况不宜使用干湿球法^[9]。

4 结论

(1)重量法和阻容法测量结果的精密度较好,相对标准偏差分别为1.81%~3.40%,1.52%~3.58%,且2种方法测量结果相关性较好、准确度

较高。

(2)干湿球法对于温度超过100℃的烟气,其测量结果准确度较低,如果烟气正压较高,对其测量结果的精密度和准确度影响较大。

(3)用重量法测量低湿度污染源时,可适当增加采样时间,以减少误差。

[参考文献]

- [1] 戴向东,黄炜. 冷凝法测定烟气含湿量的计算公式探讨[J]. 中国环境监测,1995,11(2):35-36.
- [2] 国家环境保护局. 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法:GB/T 16157—1996[S]. 北京:中国环境科学出版社,1996.
- [3] 国家环境保护总局. 固定污染源废气监测技术规范:HJ/T 397—2007[S]. 北京:中国环境科学出版社,2007.
- [4] 陈咏城. 火电厂排放烟气含湿量软测量方法研究[J]. 发电设备,2016,30(1):61-63,67.
- [5] 周灵辉,杨凯,谢馨,等. 干湿球法测量烟气湿度的准确性探讨[J]. 环境科学与管理,2011,36(10):125-127,134.
- [6] 周灵辉,杨凯,谢馨,等. 不同烟气含湿量测量方法比较与分析[J]. 环境监测管理与技术,2012,24(1):66-69.
- [7] 田毅. 湿度测量标准——重量法湿度计[J]. 山西科技,2007,2(2):143-144.
- [8] 国家环境保护总局.《空气废气监测分析方法》编委会. 空气和废气监测分析方法[M]. 4版增补版. 北京:中国环境科学出版社,2003:349-350.
- [9] 启绿环保. 垃圾焚烧炉烟气净化系统袋式除尘器的应用[EB/OL]. (2017-07-15)[2018-02-01]. <http://www.qvlhb.com/aspcms/news/2017-7-15/1673.html>.

· 简讯 ·

生态环境部举行挂牌仪式 肖捷出席并讲话

新华社北京4月16日电 国务委员兼国务院秘书长肖捷4月16日出席生态环境部挂牌仪式。他强调,组建生态环境部是党中央着眼党和国家事业全局作出的重大决策。要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,深入贯彻党的十九大精神,大力推进生态文明建设,不断增强人民群众的获得感、幸福感、安全感,建设天蓝、地绿、水清的美丽中国。要坚决打好污染防治攻坚战,切实保障国家生态安全,为决胜全面建成小康社会提供坚强保障。

历史沿革

- | | |
|-------|--|
| 1974年 | 国务院环境保护领导小组正式成立 |
| 1982年 | 组建城乡建设环境保护部,部内设环境保护局 |
| 1984年 | 成立国务院环境保护委员会,办事机构设在城乡建设环境保护部(由环境保护局代行) |
| 1984年 | 城乡建设环境保护部环境保护局改为国家环境保护局,仍归城乡建设环境保护部领导 |
| 1988年 | 成立独立的国家环境保护局(副部级) |
| 1998年 | 国家环境保护局升格为国家环境保护总局(正部级) |
| 2008年 | 组建环境保护部 |
| 2018年 | 组建生态环境部 |

摘自 www.zhb.gov.cn 2018-04-17