



移动扫码阅读

吴升光, 陈彪, 倪建伟. 基于 UV 法的 FFT 氨逃逸在线监测系统研究[J]. 能源环境保护, 2021, 35(1):39-42.

WU Shengguang, CHEN Biao, NI Jianwei. Study on the FFT online measuring system of ammonia escape based on UV method[J]. Energy Environmental Protection, 2021, 35(1):39-42.

基于 UV 法的 FFT 氨逃逸在线监测系统研究

吴升光¹, 陈彪², 倪建伟³

(1. 浙江浙能绍兴滨海热电有限责任公司, 浙江 绍兴 312000; 2. 浙江浙能技术研究院有限公司, 浙江 杭州 310000; 3. 浙江赫能环境科技有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要:介绍了一种基于 UV(紫外)法的高温抽取式 FFT(快速傅里叶变换)氨逃逸在线监测系统, 分析了该系统在 SCR 脱硝工艺高温、高尘等复杂环境中的应用效果及特点。结果表明:该仪器重复性为 0.69%, 相关系数为 0.999 2, 采样系统平均损耗为 0.15 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, 满足 SCR 脱硝工艺中氨逃逸检测的要求, 可长期稳定运行。

关键词:脱硝; 选择性催化还原; 氨逃逸; UV 光谱法

中图分类号: X701

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2021)01-0039-04

Study on the FFT online monitoring system of ammonia escape based on UV method

WU Shengguang¹, CHEN Biao², NI Jianwei³

(1. Zhejiang Zheneng Shaoxing Binhai Thermal Power Co., Ltd., Shaoxing 312000, China;

2. Zhejiang Zheneng Technology Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310000, China;

3. Zhejiang Heneng Environmental Technology Co., Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: Based on UV spectrum measurement, a fast Fourier transform (FFT) online monitoring system of ammonia escape using high temperature extraction was introduced. The application effect and characteristics of this monitoring system were analyzed when used in the SCR de- NO_x process with high temperature, high dust and other complex conditions. The results show that the repeatability of the instrument is 0.69%, and the correlation coefficient is 0.999 2. In addition, the average loss of the sampling system is 0.15 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ which meet the requirements of ammonia escape detection in SCR de- NO_x process and can operate stably for a long time.

Key Words: Denitrification; SCR; Ammonia escape; UV Spectrometry

0 引言

SCR(选择性催化还原)方法是目前火电厂脱硝最成熟有效的一种方法^[1-3],在一定温度(290~430 $^{\circ}\text{C}$)及催化剂的作用下, NO_x 和氨(NH_3)反应将 NO_x 转化为氮气(N_2)和水(H_2O)以减少 NO_x 排放^[4-5]。通常, NH_3 和 NO_x 之间的反应效率可大于95%,未反应的 NH_3 则被称为氨逃逸^[6-7]。

当喷氨不足时,脱硝效率不足,无法满足污染物排放控制的要求。但喷氨量过大,氨逃逸率过高,则 NH_3 、 H_2O 和 SO_3 会反应生成较多的硫酸氢铵结晶^[8]。一方面,硫酸氢铵具有很强的粘性,容易堵塞催化剂导致催化剂失活,此外,还会造成下游空气预热器换热管表面氨盐沉积,导致排烟不畅,炉膛超压,甚至是下游烟道腐蚀加剧^[9-10]。

按照现有运行经验,当 SCR 脱硝反应器出口

烟气的氨逃逸控制在 $3 \mu\text{mol/mol}$ 以内时,可以延长空气预热器的检修周期,确保相关设备的正常运行。因此,对脱硝系统出口氨逃逸浓度进行连续、准确的监测是十分必要的。

由于脱硝氨逃逸浓度的量级为 ppm 级,国内多采用在线仪器分析法 (CEMS) 监测^[11],主要包括直接测量法、抽取法。直接测量法成本低,但因为安装于烟道内,粉尘、气体温度和负荷变化对测量设备的准直影响大,导致测量精度受干扰;抽取法通过对抽取烟气进行预处理,从而提高测量品质。在分析方法上,主要有电化学、色谱^[12]、质谱和光谱学测量方法。其中,光谱学方法具有分析速度快、采样预处理简单、选择性好、灵敏度高、样品损坏少等优点,符合实时在线分析和现场快速检测的要求,应用越来越广泛。本文介绍了一种基于 UV (紫外) 光谱法的高温抽取式 FFT (快速傅里叶变换) 氨逃逸在线监测系统及其应用效果。

1 基于 UV 法的高温抽取式 FFT 氨逃逸在线监测系统

正常运行下,烟道中氨逃逸量极低,仅为 $3 \mu\text{mol/mol}$ 以内,对仪器测量精度要求较高。 NH_3 极易与烟气中的 H_2O 和 SO_3 反应生成硫酸氢铵,再加上氨气的吸附性强且极易溶于水,对采样预处理部分有较高的要求。

高温抽取式 FFT 氨逃逸在线监测系统通过全程高温抽取方式,并对烟气进行有效预处理,通过高精度的 UV 光谱测量,使用快速傅里叶变化算法,具有响应快、灵敏度高、抗干扰能力强以及非接触式测量等特点,使得该技术成为氨逃逸在线测量的一种相对适合的方法之一。

1.1 分析仪测量原理

分析仪使用 UV 光谱法,利用了物质的不同波长响应实现同时测量几种气体,而且 NH_3 、 SO_2 、 NO 、 CS_2 、甲醛和乙炔等气体都具有周期性吸收光谱谱图,因此,通过对谱图信号利用 FFT (快速傅里叶变换) 算法^[13] 进行处理,在确保测量因子具有极佳选择性的同时大幅提升计算效率和分析速率。固态电路设计的 UV 光谱法使得测量系统具有极高的可靠性,并且几乎无需维护。

分析仪测量原理如图 1 所示。

根据测量出 UV 光的吸收量,利用比耳-朗伯定律计算烟气组分浓度:

$$[C] = Klg \frac{I_{\text{ref}}}{I_{\text{gas}}} \quad (1)$$

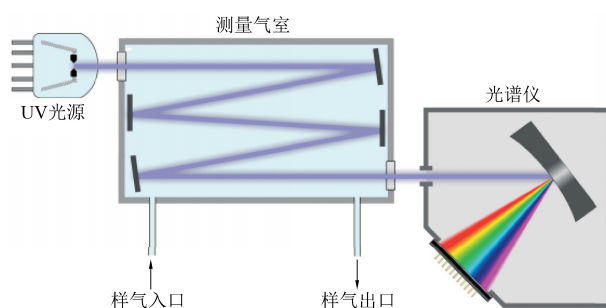


图 1 分析仪系统测量原理

Fig.1 Measuring principle of the analyzer system

其中,各项物理意义为:[C]—样气组分浓度;K—指定气体在特定波长下的吸光系数; I_{ref} —零气光强度; I_{gas} —样气光强度^[14-15]。

为了最大程度降低光学机电设计难度,光谱仪设计主要基于一个凹面格栅。光谱被记录在 512 或 2 048 像素二极管阵列或 CCD 上。基准信号可以通过空气或者氮气进行自动校准,校准周期一般为 2 h 或 4 h。

除被测组分 NO_x 、 SO_2 和 NH_3 外,烟气成分主要还有水、 CO 、 CO_2 、 O_2 和 CH_4 等。其中 CO 、 CO_2 、 O_2 和 CH_4 没有 UV 吸收,因此它们不干扰被测气体。水在 UV 波长范围内仅有微弱吸收,通常烟气湿度在 5% ~ 20% 之间,干扰甚微,其影响可忽略。

常规测量因子的光谱图如图 2 所示。

1.2 分析仪气路原理图

分析仪气路如图 3 所示。

样气进口和零气进口通过一个三通电磁阀连接,当自动调零启动时,电磁阀切换到零点空气管路。从压力传感器读出样气压力及流量,同时对气体测量进行压力补偿。高温取样泵安装在流通池前端。为防止微量的氨气吸附,所有气路都安装在一个加热的密封仓内,加热温度在 190 ~ 240 $^{\circ}\text{C}$ 范围内可调,变化在 $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。

1.3 采样预处理系统介绍

本系统烟气预处理采用全程高温抽取式系统,可有效解决抽取式氨逃逸系统采样预处理部分的 NH_3 吸附问题。

采样探杆、探头具有全自动加热取样及反吹功能,独立于下游系统运行。通过探头自带控制面板设置探头加热温度,温度可达 280 $^{\circ}\text{C}$,有效防止烟气冷凝或铵盐结晶。探头配置双级粉尘过滤器,前置过滤器采用高精度不锈钢过滤器,保证仅极微小的颗粒物可进入采样系统,内置过滤器的过滤精度较前置过滤器低,需定期更换前置滤芯

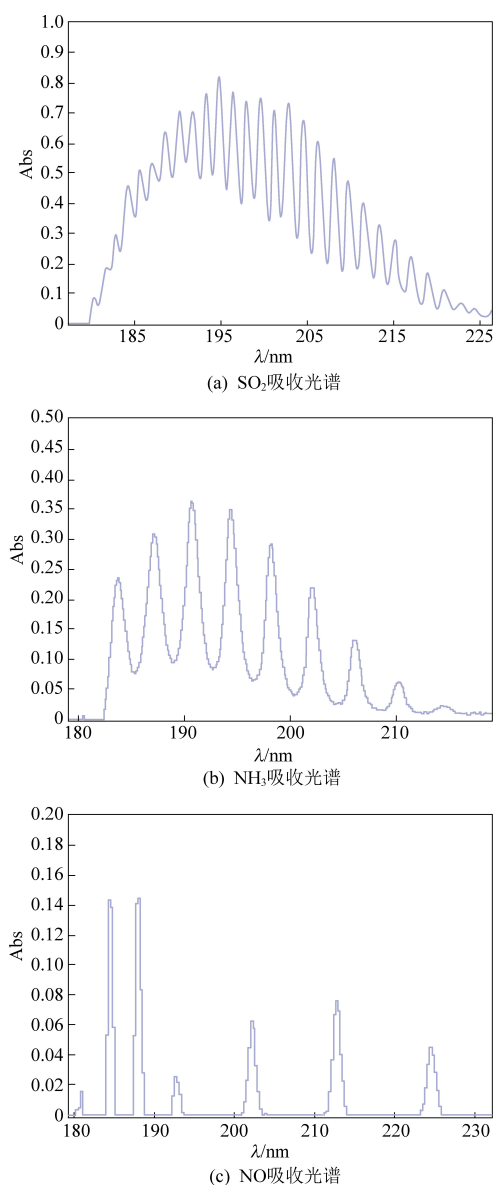


图 2 常规测量因子的光谱图

Fig.2 Spectrogram of conventional measurement factors

保证以防止系统阻力过大。采样探头烟气接触部分均采用 316 L 不锈钢材料,减少 NH₃在管壁上的吸附。

系统采样管线具有自动温度控制功能,加热温度控制在 190~220 °C,加之采用特制的耐 NH₃吸附的 PTFE 管线,可有效减少氨在传输过程中的损耗。

1.4 系统特点

该系统具有以下特点:

(1) 仪器具有极低的维护量和高度稳定的测量结果。UV 氙灯的寿命为 10⁹ 频闪次数,若按连续测量模式,氙灯寿命大约为 3 年;若每分钟测量一次,寿命可达 10 年,因此,维护成本相对较低。

(2) 基于高速 DSP (数字信号处理器) 的超快

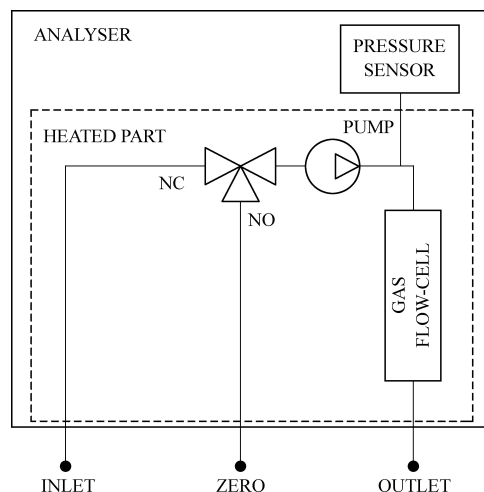


图 3 分析仪气路原理图

Fig.3 Gas path schematic diagram of the analyzer

速电子设计装置,确保分析仪能够在 200 ms 内测量试样浓度。

(3) 系统采用全程高温且耐 NH₃ 吸附的气路设计,有效避免 NH₃ 在传输过程中的损耗,最大限度保持烟气的真实性。

(4) 利用了有专利权的 FFT 算法,准确识别烟气中不同组分的 UV 吸收光谱谱图,可同时测量 NH₃、SO₂ 和 NO_x,因而,能够代替现有的脱硝 CEMS 系统,经济性较强。

2 应用情况

为验证该系统在脱硝氨逃逸测量中的运行情况,将该系统安装于某电厂脱硝出口。

2.1 测量单元氨逃逸检测精度验证

现场将标准气体直接通入分析仪,仪器的重复性及线性度检测结果如表 1~2 所示。

表 1 仪器重复性测试

Table 1 Repeatability test of the analyzer

序号	1	2	3	4	5	6
浓度/($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	7.9	7.9	8.0	7.9	8.0	8.0
重复性	0.69%					

表 2 仪器线性度测试

Table 2 linearity test of the analyzer

序号	1	2	3	4	5	6
标准浓度/($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	8.0	6.0	4.0	3.0	2.0	1.0
检测值/($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	7.9	5.8	3.8	2.9	2.1	1.0
相关系数	0.999 2					

由上述检测结果可知,仪器重复性为 0.69%,相关系数为 0.999 2,具有很好的重复性及较高的线性度。

2.2 采样系统中氨逃逸损失率验证

将标准气体通入采样探头进气口,使标准气体经过采样探杆、采样探头滤芯和采样管线后进入分析仪。检测结果如表 3 所示。

表 3 系统氨逃逸损失率验证

Table 3 Verification of ammonia escape loss

序号	rate of the system				μmol · mol ⁻¹	
	1	2	3	4	5	6
标准浓度	8.0	6.0	4.0	3.0	2.0	1.0
检测值	7.8	5.9	3.8	2.8	2.0	0.8
平均损耗	0.15					

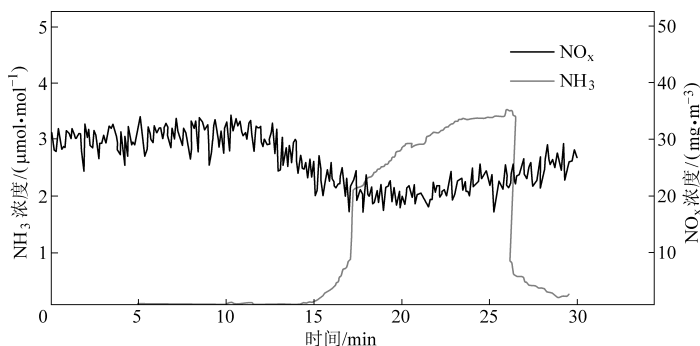


图 4 氨逃逸与 NO_x 曲线

Fig.4 The measuring curve of the Ammonia escape and NO_x

由图 4 可见,当脱硝喷氨量增加后,NO_x 数值降低,氨逃逸数值明显增加,系统可以准确反映脱硝装置出口氨逃逸的变化。

3 结论

采用基于 UV 法的高温抽取式 FFT 氨逃逸在线监测系统,仪器重复性为 0.69%,相关系数为 0.999 2,采样系统平均损耗为 0.15 μmol/mol,完全满足测量要求,可以准确反映脱硝装置出口氨逃逸的变化,且系统在实际应用中长期、稳定、可靠运行,维护量少,完全满足现有 SCR 脱硝工艺中氨逃逸检测的要求。

参考文献

[1] 孙克勤, 钟秦. 火电厂烟气脱硝技术及工程应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 2.
 [2] 杨冬, 徐鸿. SCR 烟气脱硝技术及其在燃煤电厂的应用 [J]. 电力环境保护, 2008, 24 (3): 26-29.
 [3] 西安热工研究院. 火电厂 SCR 烟气脱硝技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2013: 1-2.
 [4] 路涛, 贾双燕, 李晓芸. 关于烟气脱硝 SNCR 工艺及其技术经济分析 [J]. 现代电力, 2004 (1): 17-22.

由上表 3 可知,标准气体经过采样探杆、采样探头滤芯和采样管线后的测量结果与表 2 中直接测量的结果十分接近,表明系统预处理过程中 NH₃ 的损失率极低,平均损耗为 0.15 μmol/mol,结果较为理想。

2.3 曲线一致性检验

为检测系统测得结果是否能准确反映实际运行状态,对喷氨量进行调整,将氨逃逸检测曲线与 NO_x 浓度曲线进行对比,结果详见图 4。

[5] 中国大唐集团科技工程有限公司. 燃煤电站 SCR 烟气脱硝工程技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009: 12-14.
 [6] 谭青, 冯雅晨. 我国烟气脱硝行业现状与前景及 SCR 脱硝催化剂的研究进展 [J]. 化工进展, 2011, 30 (s1): 709-713.
 [7] 杜振, 钱徐悦, 何胜, 等. 燃煤电厂烟气 SCR 脱硝成本分析与优化 [J]. 中国电力, 2013, 46 (10): 124-129.
 [8] 胡劲毅. 基于氨逃逸浓度场的 SCR 喷氨协调优化控制 [D]. 杭州: 浙江大学, 2014: 1.
 [9] 刘炜, 张俊丰, 童志权. 选择性催化还原法 (SCR) 脱硝研究进展 [J]. 工业安全与环保, 2005, 31 (1): 26-27.
 [10] 潘栋, 朱国平, 丁嘉毅. 火电厂 SCR 脱硝装置氨逃逸测试方法对比研究 [J]. 中国电力, 2014, 47 (9): 149-152.
 [11] 朱卫东. 火电厂烟气脱硝脱硝监测分析及氨逃逸量检测 [J]. 分析仪器, 2010 (1): 88-94.
 [12] 应波, 李淑敏, 岳银玲. 离子色谱法测定空气中的氨 [J]. 中国卫生检验杂志, 2006 (1): 64-65.
 [13] 方勇. 数字信号处理-原理与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 81-91.
 [14] 许振宁, 刘文清. 可调谐半导体激光吸收光谱中的吸光度反演算法研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30 (8): 2201-2204.
 [15] 刘鑫. 氨逃逸分析仪研制 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016: 12-18.