



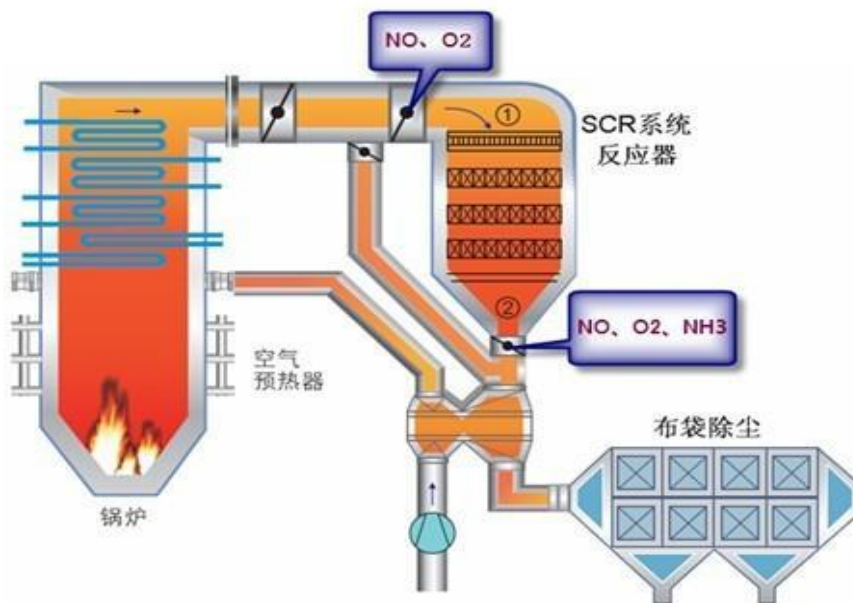
清华大学

可验证高灵敏度氨逃逸率测量技术 VSAID

清华大学
2015

脱硝系统氨逃逸率测量的难点：

- 信号极小：监测烟气中氨气浓度要求在**0-3ppm**之间
- 激光穿透难：监测烟气中灰分很高
- 干扰信号大：高温、震动、监测烟气的成份复杂
- 测量易失去代表性1：**低于280℃**时，氨气易与水和三氧化硫反应
- 测量易失去代表性2：氨气极易吸附
- 难以验证：低浓度的氨气调制难度极大



原理与创新:

- 原位取样的测量方式
- 动力抽吸与反吹
- 零气、标气在线切换标定

技术指标:

- 量程: 0-20ppm;
- 灵敏度: 0.03ppm
- 测量下限: 0.1ppm;
- 测量周期: 10s

国防科工委一级计量单位测试:

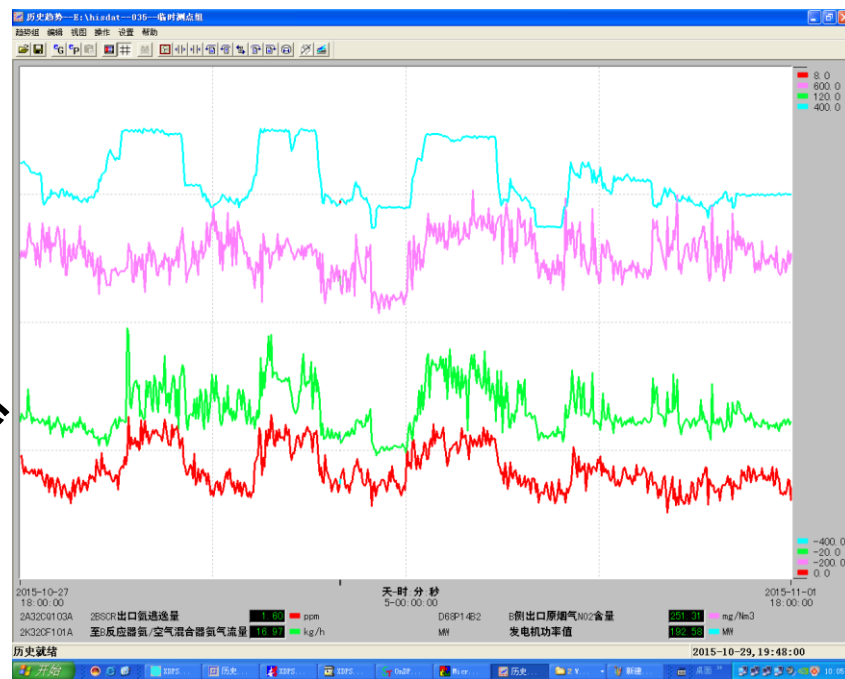
- 绝对误差 <0.1 ppm (测量结果 <5 ppm时)
- 相对误差 $<2\%$ (测量结果 ≥ 5 ppm时)



优点:

- ◆ 可标定：零点和满量程可在线标定
- ◆ 可验证：灵敏度可以通过试验验证
- ◆ 测量具有代表性：
 - 高温测量，避免氨气因反应而减少
 - 特殊测量材料，降低氨气吸附量

某厂连续5天的氨逃逸率监测曲线



- ◆ 高精度：定时进行零点测量，避免了背景信号大幅度漂移影响

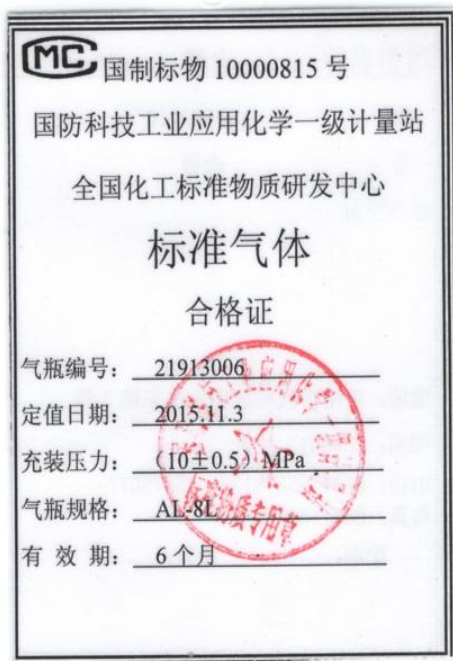
业绩： 五个发电集团的示范和推广应用

- 机组负荷
- NO₂含量
- 喷氨量
- 氨逃逸

技术对比：

	优胜	西门子	西克	国内1	国内2	VSAID
测量方式	原位	原位	原位渗透	取样	取样	原位取样
零点测量	无	无	不详	无	无	有
在线标定	无	无	无	无	无	有
测量代表性	有	有	无	无	无	有

- ◆ **东方计量测试研究所**为国防科工委一级计量单位
- ◆ 标准氨气为国防科技工业应用化学中心一级计量站提供
- ◆ 标准氨气的体积分数为 199×10^{-6} （即199ppm，称重法）
- ◆ 稀释气体为纯氮气，体积分数为99.99%。



- ◆ 相对误差随着氨气配比浓度降低而呈现增大的趋势
- ◆ 当氨气配比浓度低于5ppm时，绝对误差小于0.1 ppm
- ◆ 当氨气配比浓度大于5ppm时，相对误差小于2%。



图4 测试现场

2.4 测试流程

- 1、调节抽气系统抽气力度，将抽气流量控制在（2~2.5）L/min。
- 2、启动激光控制单元和计算机分析系统，调节好光路系统。
- 3、**零气测量**：关闭流量计1（氨气），打开流量计2（氮气），控制N₂流量在3L/min，在此工况下，氮气进入测量腔体而烟道中烟气无法进入，此时即为零气测量，同时也将管道中的水分吹走。
- 4、**标气测量**：打开流量计1（氨气，0L/min~5L/min），关闭流量计2（氮气），控制标气流量在3L/min，此时测量腔体中氨气体积分数即为199ppm。
- 5、**配比测量**：通过控制流量计1和2的开度，利用氨气稀释199ppm的标准氨气，动态配比不同浓度的氨气并将其充入测量腔中进行测试，同时控制混合气总流量在3L/min左右；
- 6、测试结束后，关闭标准氨气和氮气，恢复常规运行。

三、测试结果及分析

测试结果如下表所示，其中1和2分别为零气（氮气）和标准氨气（199ppm）的测试结果，3到10为动态配比氨气的测试结果。由下表可知，相对误差随着氨气配比浓度降低而呈现增大的趋势，当氨气配比浓度低于5ppm时，绝对误差小于0.1 ppm，当氨气配比浓度大于5ppm时，相对误差不超过2%。

项目鉴定:



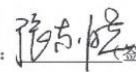
2015年12月中国电机工程学会组织鉴定,认为“研究成果体现了TDLAS理论在气体浓度测量领域的重要进展,该项氨逃逸率测量技术、测量方法和系统结构均处于**国际领先水平**。”

鉴定意见

2015年12月2日,中国电机工程学会在浙江省杭州市组织召开了“基于TDLAS技术的氨逃逸率监测仪表研发”项目技术鉴定会,鉴定委员会听取了工作报告、技术报告、测试报告、用户报告、社会经济效益分析报告和科技查新报告,审阅了相关资料。经质询、答疑和讨论形成如下鉴定意见:

- 1、提供的资料规范、齐全,符合技术鉴定要求。
- 2、项目针对氨逃逸率监测技术进行了深入研究,取得了下列创新性成果:
 - (1) 基于TDLAS谐波理论和吸收光谱理论,构建了各次谐波与气体吸收率函数之间的重构关系,采用高灵敏度的波长调制法首次直接获得吸收率函数,并据此测量待测气体浓度,有效解决了传统直接吸收法和二次谐波法信噪比低的问题,显著提高了基于TDLAS的氨逃逸率在线测量精度和有效性。
 - (2) 针对氨逃逸测量中氨气浓度极低、易吸附、易反应、烟气粉尘浓度大等特点,结合原位测量和取样测量的优点,提出原位取样式测量方法,研发了包括避免氨气吸附的测量腔体、高精度角锥反射镜、取样和过滤系统的测量装置,解决了氨逃逸率实际测量的关键技术问题。
 - (3) 研究开发了实际测量中的自动零点和满量程标定功能,解决了微弱激光信号在工业现场的大幅度漂移问题,首次实现了基于TDLAS技术的氨逃逸率测量在线标定和校准,保证了长期运行中的测量稳定性。
- 3、经国防科工委一级计量单位测试,所研发的测量装置绝对误差小于0.1 ppm (测量结果小于5 ppm时),相对误差小于2% (测量结果大于5 ppm时),目前已在三台大型火电机组上得到验证。

鉴定委员会认为,该项成果体现了TDLAS理论在气体浓度测量领域的重要进展,该项氨逃逸率测量技术、测量方法和系统结构均处于国际领先水平。建议推广使用,以促进产业进步。

鉴定委员会主任:  (签字) 副主任:  (签字)
2015年12月2日

请批评指正，谢谢！

dyj@tsinghua.edu.cn