

# 氨逃逸在线分析仪可靠性提升方案浅析

张继慧

大唐环境产业集团股份有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6497

**[摘要]** 氨逃逸测量不准确不仅增加脱硝成本，也会造成加剧下游设备腐蚀、空预器堵塞不均、催化剂中毒等不良影响，从而威胁机组安全运行。文章对氨逃逸在线分析仪可靠性提升展开分析，结合某厂实际运行情况，分析存在的问题并提出具体优化方案，旨在优化运行，降低成本，可有效提升系统效率及环保效益。

**[关键词]** 氨逃逸；脱硝；可靠性提升；对比分析

## Analysis of the reliability improvement scheme of ammonia escape online analyzer

Zhang Jihui

**[Abstract]** The inaccurate measurement of ammonia escape not only increases the cost of denitration, but also causes the corrosion of downstream equipment, uneven blockage of air preheater, catalyst poisoning and other adverse effects, thus threatening the safe operation of the unit. This paper analyzes the reliability improvement of the ammonia escape online analyzer, combined with the actual operation situation of a factory, analyzes the existing problems and puts forward the specific optimization scheme, aiming to optimize the operation, reduce the cost, and effectively improve the system efficiency and environmental benefits.

**[Key words]** ammonia escape; denitration; reliability improvement; comparative analysis

### 1. 氨逃逸在线分析理论研究

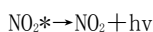
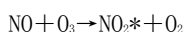
#### 1.1 测量原理

##### (1) 激光光谱测量技术

激光光谱测量技术采用可调谐半导体激光吸收光谱 (TDLAS) 进行测量。当激光二极管的光通过被测量气体时，其波长可调谐成被测气体的吸收波长，此光被调谐波长扫描，并由光二极管把透过的光信号记录下来，由计算单元计算吸收光的信号大小，进而得到气体的浓度。

##### (2) 化学发光测量技术

当样品中的 NO 与 O<sub>3</sub> 混合时，生成激发态的 NO<sub>2</sub>\* 与 O<sub>2</sub>。激发态 NO<sub>2</sub>\* 在返回基态时发出红外光，这种发光的强度与 NO 的浓度成线性比例关系。



该反应只能由 NO 完成，因此要测量氨逃逸需要把烟气中 NH<sub>3</sub> 转化为 NO。转化过程通过转化炉完成。

样气进入分析仪后分 2 路：一路经过 750℃ 的不锈钢转化炉，所有的 NH<sub>3</sub> 和 NO<sub>2</sub> 都被氧化成 NO，然后进入烟气分析仪测得 NT (总氮浓度)。第二路经过氨去除器后得到不含氨的样气。其中一路经 325℃ 的转化炉把 NO<sub>2</sub> 还原成 NO，由分析仪测得 NO<sub>x</sub> 浓度。另一路不经过任何转化进入分析仪，测得 NO 浓度。这两路的 NO 经过计算得出 NO<sub>x</sub> 的总含量。

最终可计算得到氨逃逸量： $\text{NH}_3 = \text{NT} - \text{NO}_x$

#### 1.2 测量方法

##### (1) 原位式安装测量法

原位式安装测量法利用发射端发出一束光源穿过被测介质，根据其另一端接收或反射的情况进行测量。

##### (2) 伪原位安装测量法

基于 PIMs 技术的多点在线样管路水汽冷凝吸收氨气，影响分析结果。

式氨逃逸监测系统采用伪原位检测系统，该系统的光学监测端集成了所有的采样、检测组件于一体，直接安装在烟道上。

烟气通过插在烟道中的取样探杆被直接抽取到高温检测池，检测完的样气返回烟道以满足环保要求，形式和功能上近似于原位检测，称之为伪原位检测。

(3) 抽取冷凝安装测量法

抽取冷凝测量法首先将样气经过一级预处理装置，滤除烟气中的粉尘和水汽；该系统采用抽取式全程伴热技术采样方

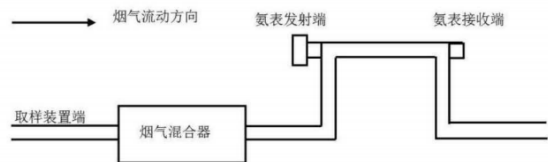
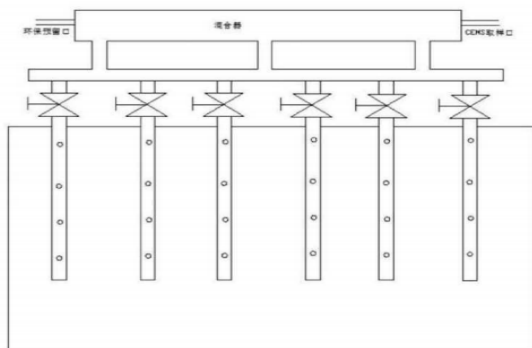
式，传输管线采用 220℃ 以上全程高温复合电伴热管，尽可能缩短采样管线传输距离，保证样品气体温度。

1.3 传统氨逃逸测量对比分析

测量原理	测量方法	优点	缺点	优化方案
激光光谱测量 TDLAS	原位安装	1. 应用广泛，技术相对成熟； 2. 原位测量，避免取样过程中引入的干扰因素； 3. 维护量相对较小； 4. 响应快。	1. 粉尘量大——维护量大，透光率低； 2. 流场分布不均，安装位置受局限——测量不具备代表性； 3. 光程短——影响测量精度； 4. 烟道振动及热膨胀导致光路偏差——影响仪表正常使用； 5. 对安装的要求较高； 6. 无法实现在线校准。	网格取样
	伪原位安装	1. 安装简单，无需特殊校准； 2. 最大限度上保证烟气采样不失真，避免 NH3 损失； 3. 可实现在线校准及在线自动吹扫功能；	1. 维护量较大； 2. 如采用多点测量，成本较高。	多点测量
	抽取冷凝	1. 取样点位置的选取比较灵活； 2. 可采用多点取样，测量更具代表性； 3. 可采用高温多次反射样气室增加测量光程，测量更精准； 4. 烟道上无光学元件，减少光路偏差因素。	1. 在预处理过程中 NH3 易被吸附——所测数值偏低； 2. 系统反吹阶段数据保持——影响实际测量数据的连续性； 3. 对伴热要求高——影响仪表正常使用； 4. 校准方法较为复杂。	多点取样
化学发光测量	稀释取样法	1. 两级过滤，减少粉尘对系统的危害； 2. 采样烟气传输速度快，保证了分析数据的及时性； 3. 全系统校准。	1. 受 NO—NO2—NH3 转化效率、温度条件等因素影响的较大； 2. 多通道内的样气可能存在交叉干扰； 3. 易损易耗件多，维护量大且运行成本较高。	/

2. 氨逃逸测量可靠性提升方案

2.1 网格取样测量



如图所示，可沿烟气流动方向将烟道等分，同等间隔取一个取样管面深入烟道，联通后汇入混合器，氨逃逸在线分析仪置于混合后直段烟道（率接收端与发射端距离应满足仪表激光接收频率要求）——改造后仪表测量方式近似于伪原位安装。

2.2 运行参数辅助判定

若脱硝 SCR 出口与烟囱入口 CEMS 测得 NO<sub>x</sub> 偏差较大，即脱

硝出口流场分布不均，氨逃逸测量结果可能不具备代表性。

氨逃逸情况的变化对各设备对氨的捕获影响不大，氨逃逸迁移规律也参考如下比例粗略分析：SCR 脱硝系统下游设备中空预器氨逃逸捕获率为 23%~26%，低低温省煤器氨逃逸捕获率为 9%~17%，电除尘器氨逃逸捕获率为 56%~62%，进入脱硫系统的氨逃逸很少，不足总氨逃逸的 3%。

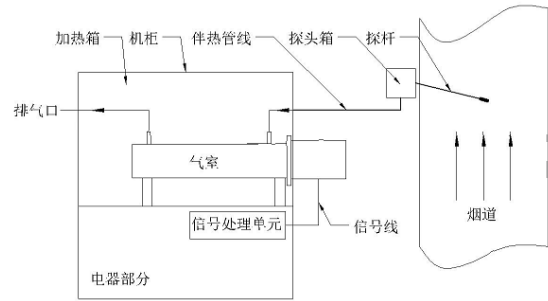
### 3.某电厂氨逃逸在线分析仪可靠性提升方案浅析

#### 3.1 项目简介

某电厂现每台机组反应器出口各安装氨逃逸测量装置 1 台，部分设备已无法正常投运，且测量参数与喷氨趋势关联性不强。氨逃逸测量不准确不仅增加脱硝成本，也会造成加剧下游设备腐蚀、空预器堵塞不均、催化剂中毒等不良影响，从而

威胁机组安全运行——为优化运行，降低成本，需开展氨逃逸在线分析仪可靠性提升改造工作。

现有脱硝出口氨逃逸在线分析仪结构简图如下：



#### 3.2 测量异常分析

##### (1) 不同监测点-氨逃逸测量数据对比分析

测量位置	氨逃逸测量值 (ppm)	氨逃逸手工比对值 (ppm)	备注
#1号机组A侧	0.00	2.1	
#1号机组B侧	0.00	1.7	
#2号机组A侧	3.24	2.4	
#2号机组B侧	9.09	2.1	
#3号机组A侧	6	3.4	
#3号机组B侧	1.29	2.3	
#4号机组A侧	1	1.5	
#4号机组B侧	0.44	1.9	

根据上述数据分析可得，氨逃逸测量仪表精度已无法满足现场运行需要。

台显示数据为直线，1台显示为坏点，2台测量数据与喷氨趋势关联性差，1台关联性较差，其余3台关联性一般。

##### (2) 同监测点不同时段-氨逃逸测量数据对比分析

根据现场运行一段时间的数据反馈，现8台氨逃逸中——1

##### (3) 根据设备运行情况-对测量异常展开初步分析

现有系统设备运行情况具体如下：

测量位置	氨逃逸 (ppm)	大气室-测量室透射率 (%)	气室温度 (°C)	加热箱温度 (°C)	伴热管线温度 (°C)	探头温度 (°C)	备注
#1号机组A侧	0.00	3.3%-89.4%	215.8	204	220	225	错误
#1号机组B侧	0.00	30.9%-96.8%	53.2	41	160	101	错误
#2号机组A侧	3.24	26.8%-55.1%	234.6	222	故障	120	运行
#2号机组B侧	9.09	24.0%-77.7%	230.9	217	900	10	运行
#3号机组A侧	6	24.2%-0%	225.1	222	220	230	警告
#3号机组B侧	1.29	37.6%-90%	337.1	223	220	223	警告
#4号机组A侧	1	20.7%-52.7%	226.5	225	220	64	运行
#4号机组B侧	0.44	79.4%-22.2%	224.1	217	27	36	运行

对上述数据分析可得，#1 号机组 A 侧、#1 号机组 B 侧、#2 号机组 A 侧、#2 号机组 B 侧、#3 号机组 A 侧、#3 号机组 B 侧、#4 号机组 A 侧大气室透射率不足，#3 号机组 A 侧、#4 号

机组 B 侧测量室透射率不足，#2 号机组 A 侧、#2 号机组 B 侧、#3 号机组 B 侧、#4 号机组 A 侧、#4 号机组 B 侧探头采用外反吹探头、温度监测异常，#1 号机组 B 侧探头温度监测异常，#2

号机组 A 侧、#2 号机组 B 侧、#4 号机组 B 侧伴热管线温度异常，#1 号机组 B 侧、#3 号机组 B 侧气室温度异常，#3 号机组 A 侧、#3 号机组 B 侧氨逃逸在线分析仪故障报警。

### 3.3 具体改造方案及建议

序号	异常描述	问题分析	技改方案
1	在线分析仪故障报警	设备故障	解决现场设备故障并进行系统升级
2	激光透射率异常	镜片及密封圈磨损	更换易损件，定期维护
3	探头温度异常	原探头采用外反吹探头	探头升级改造，升级为带有二级保护滤芯，粉尘过滤效果更好，稳定性更高
4	伴热管线温度异常	伴热管线故障	伴热管线更换、升级
5	气室温度异常	测温元件故障	更换现有温度元件
6	反吹效果不理想	反吹管路部分堵塞； 反吹系统技术方案待升级	反吹管路清理；设备反吹气路改进，增加双回路平板加热器及接头。

综上，对原有系统维护、升级改造具体方案如下：

#1 号机组 A 侧维护及系统升级部件——有孔镜片、无孔镜片、耐高温腐蚀 O 型密封圈、耐高温腐蚀气室外管密封垫、耐高温腐蚀气室视窗密封垫、双回路平板加热器及接头。

#1 号机组 B 侧维护及系统升级部件——有孔镜片、无孔镜片、耐高温腐蚀 O 型密封圈、耐高温腐蚀气室外管密封垫、耐高温腐蚀气室视窗密封垫、3.5 米伴热带、PT100（不带螺纹）、双回路平板加热器及接头。

#2 号机组 A 侧维护及系统升级部件——1.8 米探杆（含探头箱，伴热带）、耐高温气动球阀三通接头、伴热管线、有孔镜片、无孔镜片、耐高温腐蚀 O 型密封圈、耐高温腐蚀气室外管密封垫、耐高温腐蚀气室视窗密封垫、双回路平板加热器及接头。

#2 号机组 B 侧维护及系统升级部件——1.8 米探杆（含探头箱，伴热带）、耐高温气动球阀三通接头、伴热管线、双回路平板加热器及接头、有孔镜片、无孔镜片、耐高温腐蚀 O 型密封圈、耐高温腐蚀气室外管密封垫、耐高温腐蚀气室视窗密封垫。

#3 号机组 A 侧维护及系统升级部件——小气室（参比池）、分光器、双回路平板加热器及接头、电路板、激光器。

#3 号机组 B 侧维护及系统升级部件——1.8 米探杆（含探头箱，伴热带）、温度变送器、PT100（不带螺纹）、小气室（参比池）、双回路平板加热器及接头、电路板、激光器。

#4 号机组 A 侧维护及系统升级部件——1.8 米探杆（含探头箱，伴热带）、耐高温气动球阀三通接头、3.5 米伴热带、PT100（不带螺纹）、有孔镜片、无孔镜片、耐高温腐蚀 O 型密封圈、耐高温腐蚀气室外管密封垫、耐高温腐蚀气室视窗密封垫、双回路平板加热器及接头。

#4 号机组 B 侧维护及系统升级部件——1.8 米探杆（含探头箱，伴热带）、耐高温气动球阀三通接头、伴热管线、带螺

纹热电偶、双回路平板加热器及接头。

根据设备运行情况及具体问题分析，提出具体改造方案如下：（1）现有系统维护、升级改造；（2）利旧现有设备，增加网格取样装置；（3）设备整体更换，采用多点测量。

#### 3.3.1 方案一：现有系统维护、升级改造

可通过对现有设备维护、升级改造，实现系统正常投运——升级改造后，仪表测量精度 0.1ppm，响应时间 T90<120s。

3.3.2 方案二：增加网格取样装置（利旧现有设备）

改造拟新增网格取样装置，将现有氨逃逸探头移至混合器下游预留法兰接口处，此方案可有效解决流场分布不均导致测量不具备代表性的问题，但同时也需要充分考虑伴热及吹扫问题，避免 NH<sub>3</sub> 损失及 ABS 生成——维护量相对较大。

#### 3.3.3 方案三：设备整体更换（采用多点测量）

整体更换方案侧重于多点测量，具体涉及设备更换、电源改造、新增平台及平台加固等工作。

方案三（A）：可采用独特的原位取样式测量，将测量腔体安装在烟道内，利用烟气加热腔体（腔体温度与烟道中烟气温度一致），并具有可基本忽略氨气吸附的测量腔体、高精度反射镜和取样过滤系统；同时可通过程序设置，让多探头依次显示测量值（不再同时更新数值），进而实现多点巡测的功能。

方案三（B）：采用多点伪原位安装，保持同一个烟道截面的多个区域同时取样同步测量，进而有利于反映整个烟道截面的氨逃逸分布，还能对流场优化和调平具有指导意义。

### 3.4 结论及建议

鉴于现阶段该电厂暂未开展喷氨优化设计工作，且现阶段喷氨优化暂未考虑引入氨逃逸反馈调节模块，通过方案一可对现有问题消缺，实现系统正常投运，但无法从本质上解决“测量参数与喷氨趋势关联性不强”的问题，改造工期较短，成本较低；方案二更适于与 CEMS 多点测量同步改造，改造工期较长，成本及改造后系统维护量相对较大；方案三能较好地解决现存问题，改造工期较长，成本最高。

作者简介：张继慧（1987年7月），女，汉族，北京，研究生，高级工程师，大唐环境产业集团股份有限公司，热动力工程，身份证号码：130102198707150621。