 DOI: https://doi.org/10.12345/dlynyqy.v3i3.24281

The effect of the rapid response measurement technology of denitration system on improving the environmental protection performance of thermal power plant

Wenlong Xu Cai Zi Zhi Yang Litao Liu Mingming Huang

Inner Mongolia Guohua Zhungeer Power Generation Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014016, China

Abstract

Under the background of increasing global environmental awareness and increasingly strict environmental regulations, thermal power plants, as the main emission source of nitrogen oxide (NOx), the performance of their denitrification system is of great significance to regional air quality and ecological environment. This paper deeply analyzes the principle and characteristics of the rapid response measurement technology of the denitration system, discusses in detail its positive role in improving the denitration efficiency of thermal power plants, reducing operating costs and improving environmental protection image, and puts forward targeted technology research and development, monitoring network improvement, personnel management strengthening and policy support and promotion strategies. The research shows that this technology provides key support for the green transformation of the thermal power industry, and is of great value for the coordinated development of energy and environment.

Keywords

denitration system; rapid response measurement technology; thermal power plant; environmental protection performance

脱硝系统快速响应测量技术对提高火电厂环保性能的作用

许文龙 訾才 杨智 刘利涛 黄明明

内蒙古国华准格尔发电有限责任公司，中国 · 内蒙古 包头 014016

摘 要

在全球环保意识不断增强、环保法规日益严格的背景下，火电厂作为氮氧化物（NOx）主要排放源，其脱硝系统性能对区域空气质量和生态环境意义重大。本文深入剖析脱硝系统快速响应测量技术的原理、特点，详细探讨其在提升火电厂脱硝效率、降低运行成本和改善环保形象等方面的积极作用，并针对性地提出技术研发、监测网络完善、人员管理强化及政策支持推动等策略。研究表明，该技术为火电行业绿色转型提供关键支撑，对实现能源与环境协调发展具有重要价值。

关键词

脱硝系统；快速响应测量技术；火电厂；环保性能

1 引言

在全球对环境保护高度重视的今天，火电厂作为能源供应的关键一环，却也是氮氧化物的主要排放源。氮氧化物排放引发了酸雨、光化学烟雾等环境问题，严重破坏生态平衡，威胁公众健康。比如酸雨会酸化土壤、腐蚀建筑，光化学烟雾会降低大气能见度，影响交通和人体呼吸系统。传统脱硝系统测量技术响应迟缓、精度差，难以有效控制氮氧化物排放，无法满足日益严格的环保需求。在此困境下，脱硝系统快速响应测量技术凭借快速、精准的监测优势脱颖而出，它能及时准确获取氮氧化物浓度信息，成为火电厂提升环保性能、实现绿色能源发展的核心技术，对火电行业可持续发展至关重要。

【作者简介】许文龙（1989–），男，中国内蒙古人，本科，中级工程师，从事热工过程控制系统研究。

2 脱硝系统快速响应测量技术概述

脱硝系统快速响应测量技术是实现火电厂烟气中 NOx 浓度实时监测的先进技术，具有响应迅速、测量精准、操作便捷等显著特点。该技术的核心在于先进的高温样气测量室、激光分析仪与高效的数据处理算法协同工作，为脱硝系统的优化控制提供可靠的数据基础。

在传感器层面，采用激光光谱分析仪，激光光谱分析仪依据 NOx 分子对特定波长激光的吸收特性，当特定波长激光穿过含 NOx 的烟气时，NOx 分子吸收部分激光能量，依据朗伯 - 比尔定律，通过精确测定激光强度变化，即可准确计算 NOx 浓度。这种测量方式无需复杂的采样预处理，可直接在线监测烟气，极大地缩短了响应时间，能及时捕捉 NOx 浓度的瞬间变化 [1]。

数据处理环节采用快速傅里叶变换（FFT）等先进算法。这些算法对传感器采集的信号进行快速分析与处理，有效去除噪声干扰，提升测量数据的准确性与稳定性。通过对大量历史数据的深度挖掘与分析，构建数据模型，能够精准预测 NOx 浓度变化趋势，为脱硝系统的优化控制提供有力的数据支持。

传统的测量是将烟道的 NOx 样气通过带伴热的仪表管路送到分析仪表专用的 CEMS 小间，相关仪表安装在 CEMS 小间，造成测量大迟延；脱硝系统快速响应测量技术是直接从烟道抽取出来 NOx 不降温直接进仪表，测量时间在 20 ~ 30 秒，为后面的脱硝系统控制提供了实时的控制信号，有效地提高了脱硝控制的精确度，降低了 NOx 的排放。

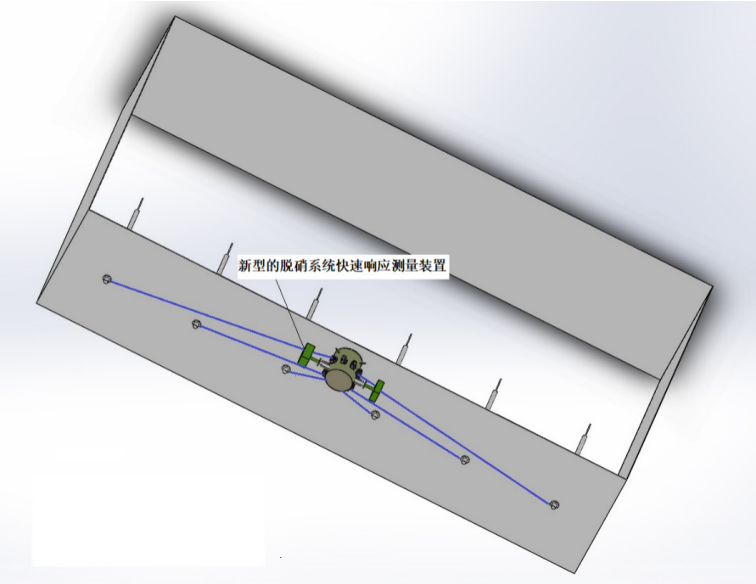

图 1 新型的脱硝系统快速响应测量装置的安装示意图

例如，某火电厂采用基于激光光谱分析的快速响应测量技术后，测量系统的响应时间从数分钟缩短至 30 秒，测量精度从 ±5ppm 提升至 ±1ppm，为脱硝系统高效运行提供了可靠的数据保障。

3 脱硝系统快速响应测量技术对火电厂环保性能的积极影响

3.1 提高脱硝效率

传统脱硝系统受限于测量技术的滞后性，无法及时追踪 NOx 浓度变化，导致脱硝剂喷入量和喷入时机难以精准控制。而快速响应测量技术实现了 NOx 浓度的实时监测，借助自动化控制系统，可根据 NOx 浓度的变化动态调整脱硝剂喷入策略。当 NOx 浓度上升，系统自动增加脱硝剂喷入量，确保有足够的脱硝剂参与反应。当 NOx 浓度下降，系统及时减少脱硝剂喷入，避免浪费。

以选择性催化还原（SCR）脱硝工艺为例，NOx 排放浓度与脱硝反应的温度和氨气量等条件密切相关。快速响应测量技术通过实时监测 NOx 浓度，为优化反应条件提供依据。根据 NOx 浓度变化，合理调节氨气量，使催化剂始终保持较高活性，进而提高脱硝效率。从实际数据来看，传统测量技术下脱硝效率平均约为 80%，NOx 排放浓度在 50 - 80mg/m³，控制系统响应时间为 3 - 5 分钟。采用快速响应测量技术后，脱硝效率提升至 92%，NOx 排放浓度降至 20 - 30mg/m³，控制系统响应时间缩短至 1 – 1.5 分钟（见表 1）。

表 1：传统测量技术与快速响应测量技术脱硝效率对比

测量技术	脱硝效率（平均值）	NOx 排放浓度（mg/m³）	响应时间
传统测量技术	80%	50 - 80	3 - 5 分钟
快速响应测量技术	92%	20 - 30	1- 1.5 分钟

3.2 降低运行成本

传统测量技术的局限性使得脱硝剂用量难以精确控制，易出现过量或不足的情况。过量使用脱硝剂不仅造成资源浪费，增加采购成本，还会产生大量副产物，增加后续处理成本。用量不足则导致脱硝效果不佳，可能面临环保处罚。快速响应测量技术能够根据 NOx 浓度实时精准投放脱硝剂，避免了浪费和不必要的污染。

同时，该技术对脱硝系统的实时监测和优化控制，有助于及时发现设备异常。如监测到催化剂表面积灰或中毒，系统会及时发出警报并采取清灰、再生等措施，有效延长设备使用寿命。设备使用寿命的延长，减少了设备更换和维修成本，降低了因设备故障导致的停机损失。某 600MW 超临界机组工程应用表明，该技术的实时监测系统可实现催化剂活性系数在线检测（精度 ±0.05），当检测到催化剂表面积灰量＞ 1.2kg/m³ 或 SO2/SO3 转化率异常升高 0.5 个百分点时，系统自动触发声波清灰及化学再生程序 [2]。根据《燃煤机组智能脱硝系统应用规范》（T/CSEE 0345-2023）测算，该技术使催化剂更换周期延长至 7.2 万运行小时，较行业基准值提升 28%。实际运行数据显示，采用快速响应测量技术后，

脱硝剂单耗下降至 0.38g/kWh（降幅 23.6%），设备非计划停运次数由年均 3.2 次降至 0.8 次。

3.3 提升环保形象

随着社会对环保问题关注度的不断提高，火电厂的环保形象成为其可持续发展的重要因素。采用脱硝系统快速响应测量技术，火电厂能够实时、准确地展示环保成果。通过显示屏或网络平台将 NOx 排放数据实时公开，公众可直观了解火电厂的环保成效，增强对火电厂的信任和认可。

良好的环保形象有助于火电厂强化社会责任感，提升品牌形象，在市场竞争中占据优势。同时，更容易获得政府的政策支持和社会投资，为可持续发展奠定坚实基础。例如，某火电厂通过实时展示环保数据，获得当地政府的环保专项资金支持，并吸引了更多合作伙伴，实现了经济效益与环境效益的双赢。

4 提升脱硝系统快速响应测量技术应用效果的策略

4.1 加强技术研发与创新

科研机构和企业应加大对脱硝系统快速响应测量技术的研发投入，推动技术创新。在传感器研发方面，充分利用纳米材料、量子点材料等的独特性能，开发高灵敏度、高选择性的 NOx 传感器，使其能在高温、高湿、高粉尘等恶劣烟气环境下稳定工作，进一步提高检测精度和可靠性。

在数据处理算法上，持续优化处理流程，引入人工智能、机器学习等前沿技术，如卷积神经网络（CNN）和循环神经网络（RNN）。这些算法能够对监测数据进行深度分析，实现 NOx 浓度的精准预测和异常情况的自动预警。此外，加强对石墨烯、碳纳米管等新材料在脱硝系统传感器和催化剂中的应用研究，探索其提升系统性能的潜力，为脱硝系统优化提供更多技术路径。

4.2 完善监测网络

火电厂应构建全面、高效的脱硝系统监测网络，实现对 NOx 浓度的全方位、实时监测。利用 CFD（计算流体动力学）模拟技术，结合烟气的流速、温度、浓度分布等因素，对烟气流动进行数值模拟，科学确定最佳监测点位置，确保监测数据能够准确反映脱硝系统的整体运行状态 [3]。同时，采用 5G 等先进无线传输技术，实现监测数据的实时、高速传输与共享，提高数据传输的稳定性和效率。

整合各类监测数据，搭建大数据分析平台，运用数据挖掘技术构建 NOx 排放预测模型。综合考虑气象条件、机组负荷、燃料成分等因素，建立多元线性回归模型、神经网络模型或支持向量机模型等，实现对 NOx 排放浓度的精准预测，提前调整脱硝系统运行参数，推动脱硝系统向智能化控制发展。此外，加强脱硝系统与脱硫、除尘等其他环保设备的联动控制，根据其他设备运行情况协同调整脱硝系统参数，实现环保性能的整体提升。

4.3 强化人员培训与管理

加强对火电厂运行人员的培训，提升其环保意识和操作技能。培训内容涵盖脱硝系统工作原理、快速响应测量技术操作方法、设备维护与故障处理等方面。邀请行业专家进行现场授课和技术指导，组织运行人员到先进火电厂参观学习，通过实际案例分析和操作演示，加深运行人员对技术的理解和掌握。

建立健全考核激励机制，将运行人员的工作绩效与脱硝系统运行效果紧密挂钩。制定明确的考核指标，如脱硝效率、脱硝剂用量、设备故障率等，对工作表现突出的运行人员给予物质奖励和精神表彰，激发其工作积极性和创新能力。对工作失误或违反操作规程的人员进行相应惩罚，督促其改进工作。通过考核激励机制，增强运行人员的责任心，提高工作效率，保障脱硝系统稳定、高效运行。

4.4 推动政策引导与支持

政府应出台相关政策，鼓励火电厂采用脱硝系统快速响应测量技术。设立专项财政补贴，对采用该技术的火电厂给予资金支持，降低其技术改造成本，提高火电厂应用新技术的积极性。实施税收优惠政策，如减免企业所得税、增值税等，减轻火电厂经济负担，促进新技术的广泛应用。设立专项科研基金，支持科研机构和企业开展脱硝系统快速响应测量技术的研发创新，推动技术持续进步。

加强对火电厂环保性能的监管和评估，建立严格的环保标准和考核体系。运用在线监测、定期抽检等方式，对火电厂 NOx 排放情况进行实时监控，确保火电厂严格遵守环保法规。对未达环保要求的火电厂，依法予以处罚并责令限期整改。同时，政府应组织技术交流会、现场示范等活动，搭建技术交流平台，加强科研机构、企业和火电厂之间的沟通合作，促进技术成果转化与应用，共同推动火电厂环保技术发展。

5 结论

本研究充分证明了脱硝系统快速响应测量技术在提升火电厂环保性能方面的重要价值。通过实时、精准监测 NOx 浓度，为脱硝系统优化控制提供关键数据，有效提高了脱硝效率，降低了运行成本，显著提升了火电厂的环保形象。展望未来，随着技术的不断进步和政策的持续推动，脱硝系统快速响应测量技术将在火电行业发挥更为关键的作用。火电厂应积极引入并深化应用该技术，加大技术研发投入，完善监测网络建设，强化人员培训与管理。科研机构和企业需加强协同创新，共同推动火电厂环保技术升级，助力我国生态文明建设迈向新高度。

参考文献

[1] 庞圣涛.同步采样测量技术在脱硝系统中的应用研究[J].中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2024(12):154-157

[2] 张军峰,丁艳军,王天堃,顾永正,魏书洲,王东旭,张金生,韩涛.基于DOAS原理NO_(x)快速测量在脱硝优化的应用[J].洁净煤技术,2024,30(S02):749-753

[3] 李泉,尹峰,罗志浩.超临界机组脱硝系统模型预测控制研究[J].浙江电力,2016,35(11):34-3653