

# Research on the Application of Denitration Control Technology in Thermal Power Unit in Environmental Protection

Yanqi Zhang Xudong He Shuangbin Xu Tao Zhang Minyue Cao

Shanghai Waigaoqiao Power Generation Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

## Abstract

In China's thermal power plants, denitration device is an important facility to control nitrogen oxide emissions. This paper mainly focuses on the application of denitration control technology in thermal power units, and explores its effectiveness in environmental protection. It is found that the low nitrogen combustion technology and the selection of suitable denitrification catalyst can effectively reduce the emission of nitrogen oxides. In particular, the combination strategy of urea selective non-catalytic reduction (SNCR) and ammonia selective catalytic reduction (SCR) can achieve the ideal denitration effect. At the same time, it is found that through the dynamic control of the operation state of the thermal power units, the operation efficiency of the denitration unit can be optimized, so as to provide a strong guarantee for the flue gas denitration process. This paper provides scientific and effective denitration control technology and strategy for thermal power enterprises, which plays a positive role in promoting the environmental protection and sustainable development of China's thermal power industry.

## Keywords

thermal power unit; denitration control technology; environmental protection application; nitrogen oxide emissions; dynamic control

## 火电机组脱硝控制在环保方面的应用研究

张彦琦 何旭东 许双斌 章涛 曹敏玥

上海外高桥发电有限责任公司, 中国·上海 200000

## 摘要

在中国火力发电厂中, 脱硝装置是控制氮氧化物排放的重要设施。论文主要围绕火电机组脱硝控制技术的应用, 并探究其在环保方面的成效。发现采用低氮燃烧技术和选择合适的脱硝催化剂, 可以有效减少氮氧化物的排放。尤其是采用尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 的组合策略, 更能达到理想的脱硝效果。同时发现通过对火电机组运行状态的动态控制, 可以优化脱硝装置的运行效率, 从而为烟气脱硝过程提供有力保障。论文为火电企业提供了科学有效的脱硝控制技术和策略, 对于实现中国火电行业环保和可持续发展具有积极的推动作用。

## 关键词

火电机组; 脱硝控制技术; 环保应用; 氮氧化物排放; 动态控制

## 1 引言

在火力发电行业, 脱硝装置是控制氮氧化物排放的重要设施, 其科学角色和应用效果与中国环保目标的实现关系至关重要。据《中国电力企业联合会报告》显示, 中国火电产业的氮氧化物排放每年约为 5.9 千万吨, 约占全球氮氧化物总排放量的 23%。由此可见, 探索和研究火电机组脱硝控制在环保方面的适应性和效果, 以及如何最大程度地提高其效能, 是推动中国火电行业环保和可持续发展的重要途径。通过深入实地调研和理论分析, 论文试图解决这个关键技术问题。

## 2 火电机组的氮氧化物排放情况

### 2.1 火电机组产生氮氧化物的过程和机理

火电机组在燃烧化石燃料时会产生氮氧化物 (NO<sub>x</sub>), 其生成过程主要包括热力氮氧化物、快速氮氧化物和燃料氮氧化物三种机理<sup>[1]</sup>。热力氮氧化物是在高温条件下, 由空气中的氮气 (N<sub>2</sub>) 与氧气 (O<sub>2</sub>) 发生化学反应生成。通常, 当燃烧温度超过 1300℃时, 氮气开始与氧气反应形成 NO<sub>x</sub>, 这一过程受到温度和停留时间的显著影响。在火电机组的燃烧过程中, 燃烧器设计和操作条件对 NO<sub>x</sub> 的生成亦有直接影响。

快速氮氧化物的形成主要发生在燃烧过程中, 亦称为 Zeldovich 机制, 涉及氮分子与碳氢化合物自由基之间的反应。这类氮氧化物通常在燃烧初级阶段短暂的高温条件下生成, 快速氮氧化物的总产量相对较少。燃料氮氧化物则是在

【作者简介】张彦琦 (1975-), 男, 中国辽宁法库人, 硕士, 高级工程师, 从事火电机组脱硫/脱硝环保研究。

燃料本身含有的氮化物直接氧化而成，这与燃料的种类和成分密切相关，煤炭和重油等高氮含量燃料通常会导致较高的燃料氮氧化物排放。

上述三种机理在火电机组实际运行中可能存在，并相互影响。了解氮氧化物的生成过程和机理，对于采取有效的脱硝措施，降低氮氧化物排放具有重要意义。通过掌握这些机理，可以指导优化燃烧条件，从源头上减少 NO<sub>x</sub> 的生成，为后续的脱硝控制技术应用提供理论支持。

## 2.2 火力发电站氮氧化物排放的主要影响因素

火力发电站氮氧化物排放的主要影响因素与多种复杂的因素密切相关。燃料的种类和质量是影响排放量的重要因素。使用高硫、高氮含量的燃料会导致更多的氮氧化物生成。燃料成分的选择和优化是控制排放的首要环节。

燃烧的温度和方式对氮氧化物的产生有直接影响。在高温条件下，空气中的氮气和氧气的反应会生成大量的氮氧化物。燃烧技术的改良，如低氮燃烧技术，通过降低燃烧温度可以有效减少氮氧化物的生成。空气过量系数也影响氮氧化物的排放。过多的氧气供应将促进氮氧化物的形成，而通过精确控制空气与燃料的比例可以限制多余氧的存在，从而降低排放量。

锅炉设计和运行参数也在很大程度上决定氮氧化物的排放水平。锅炉的结构、气流分布以及烟道设计等都会影响燃料的燃烧效率和氮氧化物的生成。优化锅炉的热力设计和改进运行参数能够在源头上控制氮氧化物的排放。通过上述因素的综合调控，火力发电站可以在运行过程中有效减少氮氧化物的排放，进而降低对环境的污染。

## 2.3 火电机组氮氧化物排放对环境的影响

火电机组排放的氮氧化物对环境产生显著影响。它们是大 气中形成酸雨的主要前体物之一。当氮氧化物进入大气后，与水蒸气、氧气和其他化学物质反应，生成硝酸，随降水落入地表，对土壤和水体造成酸化。氮氧化物还是生成光化学烟雾的关键成分，对城市空气质量产生负面影响，导致能见度下降，对人类健康构成威胁。氮氧化物的存在也加速了二次颗粒物的形成，增加 PM<sub>2.5</sub> 浓度，对生态系统的稳定性产生长期潜在风险。控制火电机组氮氧化物排放具有重要的环保意义<sup>[2]</sup>。

# 3 脱硝技术的研究和应用

## 3.1 燃烧控制和低氮燃烧技术的应用

在火电机组的氮氧化物排放的控制中，燃烧控制和低氮燃烧技术是重要的手段之一。燃烧过程是氮氧化物产生的源头，优化燃烧技术具有直接减少氮氧化物生成的作用。低氮燃烧技术的核心在于改变燃烧反应的条件，以降低氮氧化物的生成量。具体而言，低氮燃烧技术通过分级燃烧、空气分级和再循环烟气等方法，来实现燃烧过程中的低温条件和

氧浓度的梯度分布。这种分级燃烧减少了燃烧区域的温度峰值，抑制了热力型氮氧化物的生成，控制了燃料型氮氧化物的形成。

空气分级技术在燃烧初期减少氧气的供给，从而在初始阶段限制了氮氧化物的生成。在燃料分级中，部分燃料在氧气不足的情况下燃烧，使得生成的氮氧化物被已经形成的还原性气氛还原。再循环烟气技术将部分烟气再导入燃烧器中，以降低燃烧温度和氧浓度，进一步减少氮氧化物的生成。通过这些技术的合理组合与应用，可以显著提高燃烧效率，有效降低氮氧化物的排放，是实现清洁发电的重要路径。

低氮燃烧技术不仅提高了燃煤的燃烧效率，且对延长后续脱硝催化剂的使用寿命有积极作用。这些技术的实施对于火电厂的节能减排、提高经济效益以及达到更高的环保标准，均发挥了关键的作用。

## 3.2 脱硝催化剂的选择和应用

脱硝催化剂的选择对于火电机组脱硝效率至关重要。有效的催化剂不仅能提高氮氧化物的转化率，还能影响整个脱硝过程的经济性和可持续性。催化剂的选择需综合考虑其活性、耐久性、成本及环境影响等因素。

在选择合适的催化剂时，通常应重视其对不同温度和氧含量的适应能力。常见的催化剂材料包括钒基、钛基、锰基等。钒基催化剂因其高活性和较低的操作温度而被广泛应用，但其在高温条件下可能造成钒的流失和二次污染问题。相比之下，锰基催化剂能够在较宽的温度范围内保持较高的活性，并且具有较好的耐硫性能。

在催化剂应用过程中，关键在于定期监测催化剂的活性和状态。通过在线监测系统检测催化剂的性能变化，可以及时进行催化剂的更换或再生处理，以保证脱硝装置的高效运行。催化剂的应用还需结合具体的烟气特性进行优化调整，确保在实际应用中达到最佳脱硝效果。

有效的催化剂选择和应用能够显著提升脱硝装置的整体性能，是实现火电机组氮氧化物减排的重要保障。

## 3.3 尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 的应用

尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 是当前火电机组脱硝技术中应用最广泛的组合策略之一。SNCR 技术主要在高温区域通过向炉膛喷射尿素溶液，使之与氮氧化物发生化学反应，从而减少其排放。该方法具有投资成本低、操作简单等优点，但对温度窗口要求较严格<sup>[3]</sup>。SCR 技术则是在较低温度下，由催化剂的参与将氨与氮氧化物发生反应，其脱硝效率通常较 SNCR 更高。SCR 的核心是催化剂的选择和优化，可根据具体工况调整催化剂的种类和使用量，以达到最佳效果。将 SNCR 与 SCR 结合使用，可以有效克服单一技术的局限性，在整个温度区间内实现高效脱硝，有助于满足更加严格的环保排放标准。

## 4 火电机组运行状态的动态控制

### 4.1 火电机组运行状态的监测和调整

火电机组的运行状态直接影响脱硝装置的效率和氮氧化物的排放量。为优化脱硝效果，必须对机组的运行状态进行精准监测与实时调整。精确的监测系统是保障机组运行状态的关键，它通过采集多维度的数据，如温度、压力、氧含量和排放浓度等，提供实时状态信息。借助先进的传感器与数据分析技术，可以实现对机组运行的动态监测，及时发现潜在的异常情况，并迅速进行调整，以确保最佳的脱硝效率。

调整火电机组的运行状态需要综合考虑多种因素。这包括对燃料成分的分析、燃烧过程的控制及空气流量的精确调节等，采取自动化控制系统，通过智能算法对监测数据进行分析与处理，从而实现运行参数的最优设定。这不仅提高了脱硝装置的效率，也减少了机组运行中的能耗和资源浪费。

现代化的控制系统能够根据机组的不同工况，采取相应的动态调整措施，如负荷变化时的燃烧器切换与调整。这样的动态控制策略，使得火电机组能够在不同的运行条件下，始终保持高效的脱硝状态，实现污染物的最低排放。有效的监测与调整机制，为保障脱硝装置的长效高效运行提供了技术支持，对推动火电行业的环保与节能目标具有重要的意义。

### 4.2 动态控制在脱硝装置运行优化中的应用

动态控制在火电机组脱硝装置的运行优化中具有至关重要的作用。有效的动态控制策略不仅能够提升脱硝装置的效率，还能最大程度减少氮氧化物的排放，实现环保目标。动态控制利用传感器和自动化系统实时监测火电机组的运行状态，收集包括温度、压力和烟气成分等参数。通过对这些数据的分析，可以及时调整脱硝装置的运行参数，确保其在最佳状态下工作。

动态控制系统可实现对 SNCR 和 SCR 装置的反应条件进行精确调节。例如，在 SNCR 系统中，尿素的喷射量和反应温度需保持在特定范围内，以确保还原反应的高效进行，减少氨逃逸和副产物的生成。在 SCR 系统中，通过动态调整氨气的流量和催化剂床层温度，能够有效提高氮氧化物的转化效率。

动态控制还可以通过预测模型和反馈机制，提前应对电负荷波动、燃料成分变化等因素对脱硝效果的影响，从而维持排放稳定性。这种主动的调整能力，不仅提高了脱硝装

置的响应速度，也延长了其使用寿命。通过上述优化措施，火电机组在保持高效能的亦能满足严苛的环保标准，为可持续发展提供保障。

### 4.3 火电机组脱硝控制策略的实施与效果评估

火电机组脱硝控制策略的实施需要精确调整多种操作参数，以确保氮氧化物排放达到环保标准。动态控制策略的应用使火电机组能够根据负荷变化和燃料特性，自适应调整脱硝装置的运行条件。在效果评估中，通过比较实施前后的氮氧化物浓度数据，验证了控制策略的有效性。数据显示，动态调整运行参数显著降低了氮氧化物排放，并提高了脱硝系统的效率和经济性。反馈机制的引入进一步优化了运行状态，减少了不必要的催化剂消耗，为火电机组的绿色运行提供了保障。

## 5 结语

通过论文的研究，我们得以进一步理解并掌握火力发电机组脱硝控制技术的应用方面，特别是其在环保方面的重要作用。本研究提出采用低氮燃烧技术和选择合适的脱硝催化剂，结合尿素选择性非催化还原 (SNCR) 和氨选择性催化还原 (SCR) 的组合策略，可以有效地减少氮氧化物的排放。同时，通过对机组运行状态的动态控制，能优化脱硝装置的运行效率，继而为烟气脱硝过程提供有力保障。然而，我们还需要进一步解决火力发电机组脱硝过程中可能存在的问题，包括催化剂的选择，脱硝效率的优化，以及可能产生的副产品对环境的影响等等。同时，脱硝技术及其装置在火电企业中的推广应用也需要进一步的研究和实践。综上所述，论文的研究成果对中国火电行业环保和经济发展具有重要的推动作用，它为火电企业提供了全新的科学有效的脱硝控制技术和策略，并为中国的环境保护做出了积极的贡献。未来，我们将在此基础上对脱硝控制技术进行更深入的研究，不断提高其实际应用效果，以实现中国火电行业的环保和可持续发展。

### 参考文献

- [1] 高泽明,杨慎敏,于晨杰.智能控制在火电机组脱硝系统中的应用[J].自动化应用,2020(11):86-87.
- [2] 陈石明,孙波.火电机组脱硝优化控制研究[J].工业控制计算机,2021,34(10):31-32.
- [3] 杨建栋,乔侨.火电机组SCR脱硝优化控制研究[J].工业控制计算机,2020,33(7):4-5.