

# 火电厂燃煤过程中氮氧化物排放与控制技术研究

王冲

宁夏电投银川热电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v4i11.6392

**[摘要]** 火电厂作为一种重要的能源供应方式，燃煤过程中会排放氮氧化物（NO<sub>x</sub>），这些排放物对大气环境和人类健康构成严重威胁。因此，研究氮氧化物排放与控制技术对于减少环境污染、提高能源利用效率至关重要。本研究的主要目标是探讨火电厂燃煤过程中氮氧化物排放的机制和影响因素，并深入研究各种氮氧化物控制技术的有效性和可行性。通过综合分析，我们将为改善火电厂氮氧化物排放控制提供关键见解，以实现更环保、高效的能源生产。

**[关键词]** 火电厂，燃煤，氮氧化物排放，控制技术，环境保护

## Research on nitrogen oxide emission and control technology in coal burning process in thermal power plants

Wang Chong

Ningxia Power Investment Yinchuan Thermal Power Co., LTD. Yinchuan City 750021

**[Abstract]** As an important way of energy supply, thermal power plants will emit nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) in the process of burning coal, which will pose a serious threat to the atmospheric environment and human health. Therefore, the study of nitrogen oxide emission and control technology is crucial to reduce environmental pollution and improve energy efficiency. The main objectives of this study are to explore the mechanisms and influencing factors of NO<sub>x</sub> emissions during coal burning in thermal power plants, and to conduct in-depth research on the effectiveness and feasibility of various NO<sub>x</sub> control techniques. Through a comprehensive analysis, we will provide key insights for improving nitrogen oxide emission control in thermal power plants to achieve more environmentally friendly and efficient energy production.

**[Key words]** thermal power plant, coal burning, nitrogen oxide emissions, control technology, environmental protection

### 引言:

火电厂作为全球能源生产的主要方式之一，为满足不断增长的电力需求提供了关键支持。然而，与之伴随的是大规模的燃煤过程，这导致了大量氮氧化物（NO<sub>x</sub>）等有害气体的排放，对环境和人类健康造成了严重威胁。NO<sub>x</sub> 排放不仅与酸雨、光化学烟雾、温室效应气体等环境问题密切相关，还可能引发呼吸道疾病和其他健康问题。因此，减少火电厂燃煤过程中的氮氧化物排放至关重要。为了实现这一目标，研究氮氧化物排放的机制和影响因素以及相关的控制技术变得至关重要。

### 一、氮氧化物排放机制与影响因素

氮氧化物（Nitrogen Oxides, NO<sub>x</sub>）是一类包括一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO<sub>2</sub>）等化合物的污染物，它们对大气环境和人类健康产生重要影响。氮氧化物的排放来源广泛，包括工业、交通、能源生产等多个领域，因此了解氮氧化物的排放机制和影响因素对于控制大气污染和改善环境质量至关重要。

本文将详细介绍氮氧化物的排放机制以及影响氮氧化物排放的因素。

#### 1. 氮氧化物排放机制

氮氧化物的排放机制涉及多个复杂的化学和物理过程，主要包括燃烧过程、大气化学反应和大气扩散。以下将分别介绍这些机制的主要内容。

燃烧是氮氧化物排放的主要来源之一，它发生在许多行业中，如汽车、发电厂和工业生产。在燃烧过程中，氮氧化物的生成主要涉及氮气（N<sub>2</sub>）和氧气（O<sub>2</sub>）的反应。在高温条件下，氮氧化物前体物质，如氮气和氧气，会发生氧化反应生成一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO<sub>2</sub>）等氮氧化物。这些化合物随后被排放到大气中。

一旦氮氧化物排放到大气中，它们将参与一系列大气化学反应。其中最重要的是氮氧化物的光化学反应，特别是在紫外线照射下。在这些反应中，一氧化氮（NO）和氧气（O<sub>2</sub>）反应

生成二氧化氮 (NO<sub>2</sub>), 而 NO<sub>2</sub> 又可以进一步分解成 NO 和氧气。这些反应对于氮氧化物的浓度和分布具有重要影响。

大气中的氮氧化物排放不仅取决于它们的产生, 还受到大气扩散和传输的影响。大气扩散是指氮氧化物在大气中的传播和混合过程。风速、气温、湿度等因素都会影响氮氧化物的传输和浓度分布。此外, 氮氧化物的沉降也是影响其浓度的因素之一, 它包括湿沉降和干沉降两种机制, 可以将氮氧化物从大气中清除。

氮氧化物排放受多种因素影响, 这些因素可以分为自然因素和人为因素。

自然因素包括大气条件、气象条件和地理条件等。气象条件如风速、风向、温度和湿度等直接影响氮氧化物的扩散和传输。例如, 稳定的气象条件可能导致氮氧化物在一定区域内积累, 从而增加了污染风险。地理条件也很重要, 地形和地貌会影响氮氧化物的分布和沉降, 山脉和山谷等地形特征可能导致氮氧化物的积聚。

人为因素包括工业生产、交通运输、农业活动和能源生产等人类活动。工业生产和交通运输是氮氧化物主要的排放源, 燃烧化石燃料和工业过程中的氮氧化物排放是主要来源之一。农业活动也会排放氮氧化物, 特别是在化肥的使用过程中。能源生产中的燃煤和天然气燃烧也是氮氧化物的重要排放源。因此, 人类活动对氮氧化物排放有直接和间接的影响。

## 二、氮氧化物排放控制技术综述

氮氧化物 (Nitrogen Oxides, NO<sub>x</sub>) 是大气污染中的主要成分之一, 对环境和人类健康产生不良影响。为了减少氮氧化物的排放, 降低大气污染水平, 保护生态环境, 各国采取了多种技术手段来控制氮氧化物的排放。本文将综述氮氧化物排放控制技术的主要方法和应用情况。

### 1. 燃烧技术

燃烧技术是控制氮氧化物排放的关键方法之一。通过改善燃烧过程, 可以有效减少氮氧化物的生成和排放。以下是一些常见的燃烧技术:

**低氮燃烧技术:** 低氮燃烧技术是通过优化燃烧过程, 降低燃烧温度和燃烧产物中的氧气含量来减少氮氧化物的生成。这包括采用低氮燃烧器、改变燃料混合比例以及增加过量空气等措施。**脱硝技术:** 脱硝技术是通过后处理手段, 将燃烧产生的氮氧化物转化为氮气, 从而减少排放。常见的脱硝技术包括选择性催化还原 (SCR) 和选择性非催化还原 (SNCR) 技术。**超临界燃烧技术:** 超临界燃烧技术是一种高效的燃烧方式, 可以显著减少氮氧化物排放。它将燃料在超临界条件下进行燃烧, 使氮氧化物的生成极小化。

### 2. 燃料改进技术

改进燃料的质量和组成也是控制氮氧化物排放的一种有效方法。以下是一些燃料改进技术:

**低氮燃料:** 使用低氮燃料, 如低氮煤、低氮燃气和低氮燃油, 可以减少氮氧化物的排放。这些燃料在燃烧过程中含有较

少的氮化合物, 从而降低了氮氧化物生成的潜力。生物质燃料: 生物质燃料, 如木材、秸秆和生物柴油, 通常含有较少的氮氧化物前体物质, 因此在燃烧过程中产生较少的氮氧化物。

### 3. 排放控制装置

除了改进燃烧过程和燃料质量外, 排放控制装置也是降低氮氧化物排放的关键。以下是一些常见的排放控制装置:

**烟气脱硝装置:** 烟气脱硝装置通常用于大型工业锅炉和电厂, 可以将烟气中的氮氧化物转化为氮气和水蒸气。SCR 和 SNCR 是两种常见的烟气脱硝技术。**烟气脱硫装置:** 烟气脱硫装置可以同时减少氮氧化物和二氧化硫的排放, 通常用于燃煤电厂和工业过程中。**烟气除尘器:** 烟气除尘器可以捕集燃烧产物中的颗粒物, 包括氮氧化物。这些设备有助于减少氮氧化物的大气排放。

### 4. 环境监测与管理

为了有效控制氮氧化物的排放, 监测和管理也至关重要。环境监测系统可以实时监测氮氧化物的浓度和排放源, 从而及时采取措施来减少排放。此外, 政府和环保机构的管理和法规也是推动氮氧化物排放控制的重要因素。

## 三、氮氧化物排放控制技术的效果与可行性

氮氧化物 (Nitrogen Oxides, NO<sub>x</sub>) 排放对大气环境和人类健康构成了严重威胁, 因此采取措施来降低氮氧化物排放至关重要。本文将详细探讨不同氮氧化物排放控制技术的效果以及它们的可行性。

### 1. 燃烧技术的效果与可行性

燃烧技术是控制氮氧化物排放的关键方法之一。低氮燃烧技术是一种通过优化燃烧过程来减少氮氧化物排放的方法。这种技术已经在多个领域得到广泛应用, 如电力、工业生产和交通。低氮燃烧技术的效果显著, 可以将氮氧化物排放降低 30% 以上, 同时减少其他污染物的排放, 如颗粒物和二氧化硫。然而, 实施低氮燃烧技术需要投资较大, 并且可能需要改变燃烧设备和燃料, 因此可行性受到经济因素的制约。

脱硝技术也是一种有效的氮氧化物排放控制技术, 特别适用于大型电厂和工业设施。脱硝技术可以将氮氧化物转化为氮气, 从而降低排放水平。SCR (选择性催化还原) 和 SNCR (选择性非催化还原) 是两种常见的脱硝技术。它们的效果非常明显, 可以将氮氧化物排放降低至少 80%。然而, 脱硝技术需要大规模投资, 并且需要严格的操作和维护, 因此在一些小型工业和农村地区的可行性较低。

### 2. 燃料改进技术的效果与可行性

改进燃料的质量和组成是另一种控制氮氧化物排放的有效方法。低氮燃料是其中的一种选择, 如低氮煤、低氮燃气和低氮燃油。这些燃料在燃烧过程中含有较少的氮化合物, 因此可以降低氮氧化物的生成潜力。低氮燃料的使用在一些地区已经成为法律法规的要求, 如欧洲的 Euro 标准。低氮燃料的可行性较高, 因为它不需要对现有设备进行大规模改造, 但需要燃料供应链的支持。生物质燃料也是一种可以降低氮氧化物排

放的选择。生物质燃料通常含有较少的氮氧化物前体物质,因此在燃烧过程中产生较少的氮氧化物。然而,生物质燃料的可行性受到供应和成本的限制,因为它们需要大量的生物质资源来生产。

### 3. 排放控制装置的效果与可行性

排放控制装置是控制氮氧化物排放的关键组成部分。烟气脱硝装置可以将燃烧产生的氮氧化物转化为氮气,从而减少排放。这些装置通常用于大型工业锅炉和电厂。烟气脱硝装置的效果非常显著,可以将氮氧化物排放降低80%以上。然而,烟气脱硝装置需要大规模投资和运营成本,因此在小型工业和农村地区的可行性较低。另一方面,烟气脱硫装置可以同时减少氮氧化物和二氧化硫的排放。这些装置通常用于燃煤电厂和工业过程中。烟气脱硫装置的效果显著,但也需要相应的投资和运营成本。

## 四、火电厂燃煤过程中的氮氧化物排放与环境保护

火电厂作为重要的能源生产和供应单位,燃煤过程中产生的氮氧化物排放对环境 and 人类健康造成了一定程度的影响。本文将详细介绍火电厂燃煤过程中的氮氧化物排放机制、影响因素以及与环境保护相关的控制措施。

### 1. 氮氧化物排放机制

氮氧化物( $\text{NO}_x$ )是一类包括一氧化氮( $\text{NO}$ )和二氧化氮( $\text{NO}_2$ )等化合物的污染物,它们在火电厂燃煤过程中主要由以下两个机制生成:

**燃料中的氮化合物:** 燃煤中通常含有一定量的氮化合物,例如,有机氮和无机氮。在高温的燃烧过程中,这些氮化合物会发生氧化反应,生成一氧化氮( $\text{NO}$ )和二氧化氮( $\text{NO}_2$ ),成为氮氧化物的主要来源。**空气中的氮化合物:** 大气中含有氮化合物,如氮气( $\text{N}_2$ )和氧气( $\text{O}_2$ ),它们在高温条件下也会发生氧化反应,生成氮氧化物。这种情况通常发生在燃烧空气中含有过量氧气的情况下。

因此,火电厂燃煤过程中的氮氧化物排放主要受到燃料成分和燃烧条件的影响。

### 2. 影响因素

火电厂燃煤过程中氮氧化物排放的影响因素涵盖了多个方面,以下是其中一些重要因素:**煤种和煤质:** 不同种类和质量的煤炭中含有不同量的氮化合物,高氮煤更容易产生氮氧化物排放。**燃烧温度:** 燃烧温度是影响氮氧化物生成的重要因素,较高的燃烧温度会促使氮氧化物的生成。**过量空气比:** 适度的过量空气可以帮助降低氮氧化物排放,但过多的过量空

气可能导致氮氧化物排放增加。

**燃烧设备设计和操作:** 燃烧设备的设计和操作系统会直接影响氮氧化物排放。例如,采用低氮燃烧器可以降低氮氧化物排放。**脱硫设备:** 一些脱硫设备(如湿法脱硫)可能会影响氮氧化物排放,因为它们可以在脱硫过程中将氮氧化物去除。

### 3. 氮氧化物排放对环境的影响

氮氧化物排放对环境造成的影响主要表现在以下几个方面:**大气污染:** 氮氧化物是大气中的主要污染物之一,它们可以与其他大气污染物一同形成臭氧和细颗粒物,对空气质量产生负面影响。**酸雨:** 氮氧化物排放还可能导致酸雨的生成,对土壤和水体产生腐蚀作用,损害生态系统和水质。**温室气体效应:** 氮氧化物中的一氧化氮( $\text{NO}$ )在大气中可以与其他气体反应,生成温室气体氮氧化物( $\text{N}_2\text{O}$ ),对全球气候变化产生一定影响。

### 4. 控制措施与环境保护

为了减少火电厂燃煤过程中的氮氧化物排放,采取了一系列控制措施,以保护环境和人类健康:**低氮燃烧技术:** 采用低氮燃烧技术可以减少氮氧化物的生成,包括使用低氮燃烧器和调整燃烧参数。**脱硝技术:** 脱硝技术可以在烟气中添加还原剂,将氮氧化物转化为氮气,从而减少排放。**环境监测与管理:** 建立有效的环境监测系统,监测氮氧化物排放浓度和排放源,确保排放控制措施的有效运行。

### 结语:

通过对火电厂燃煤过程中氮氧化物排放与控制技术的研究,我们深入了解了氮氧化物的生成机制和影响因素,以及各种排放控制技术的效果和可行性。这些研究成果为改善火电厂的环境性能和能源利用效率提供了重要见解。然而,氮氧化物排放控制仍然是一个复杂而具有挑战性的问题,需要进一步的研究和创新。未来的研究方向可能包括更高效的排放控制技术的开发、环境监测和管理的改进,以及可持续能源生产的推动。

### [参考文献]

- [1]李明. 火电厂氮氧化物排放与控制技术研究. 环境科学与技术, 2019, 43(12): 78-87.
- [2]王红, 陈小明. 燃煤电厂氮氧化物排放特性及其控制技术. 环境工程, 2018, 36(5): 45-52.
- [3]张强, 刘芳. 脱硝技术在火电厂中的应用与研究进展. 热能动力工程, 2020, 38(8): 64-72.
- [4]陈峰, 赵丽. 低氮燃烧技术在火电厂中的应用与效果分析. 燃料化学工程, 2017, 45(3): 32-39.