

# Research and Analysis of Urea Pyrolysis Technology in Boiler Flue Gas Denitration Engineering

Ping Wang<sup>1</sup> Yongyi Liu<sup>1</sup> Yang Li<sup>2</sup>

1.Chongqing Yuanda Flue Gas Treatment Franchise Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

2.Guizhou Yuanda Environmental Protection Co., Ltd., Liupanshui, Guizhou, 553000, China

## Abstract

The science of boiler flue gas denitration technology can be effectively reduced on the basis of the normal operation of the boiler operation for the environmental pollution and damage, and then better realize the effective coordination between economic development and environmental protection, and the application of urea pyrolysis technology can provide more power for boiler flue gas denitration, improve the quality of boiler flue gas denitration. This paper mainly discusses the application principle of urea pyrolysis technology and the common problems in the practical application process and the coping strategies of different problems, etc. We hope that the discussion and analysis of this paper can provide more reference and reference for the selection of denitration forms.

## Keywords

flue gas denitration; urea pyrolysis technology; denitration efficiency; environmental protection; economy

# 尿素热解技术在锅炉烟气脱硝工程中的相关应用研究分析

王平<sup>1</sup> 刘永益<sup>1</sup> 李洋<sup>2</sup>

1. 重庆远达烟气治理特许经营有限公司, 中国·重庆 400000

2. 贵州省远达环保有限公司, 中国·贵州 六盘水 553000

## 摘要

锅炉烟气脱硝技术的科学选择可以在保障锅炉正常运行的基础之上有效降低锅炉运行期间对于环境的污染和破坏, 进而更好地实现经济发展与环境保护之间的有效协调, 而尿素热解技术的应用则可以为锅炉烟气脱硝提供更多助力, 提高锅炉烟气脱硝质量。论文主要从尿素热解技术的应用原理以及在实践应用过程中的常见问题和不同问题的应对策略等多个角度展开论述, 希望通过论文的探讨和分析可以为脱硝形式选择提供更多的参考与借鉴。

## 关键词

烟气脱硝; 尿素热解技术; 脱硝效率; 环境保护; 经济

## 1 引言

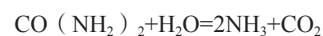
锅炉是保障化工生产或电厂发电的重要基石, 但是在锅炉运行的过程中对于环境的污染和影响是相对较大的, 尤其是锅炉排放的烟气存在较多的杂质和有毒有害物质, 如果不做好烟气处理合理应用脱硝技术则很容易会影响生态环境, 选择性催化还原烟气脱硝技术的科学应用则可以为锅炉烟气处理提供更多的助力。一般而言, 在选择性催化还原烟气脱硝技术应用的过程中烟气脱硝还原剂的选择是十分关键的一环, 液氨、氨水和尿素都可以作为还原剂, 但是从安全和经济角度来看液氨在实践应用的过程中所需要注意的安全问题相对较多、安全管控成本相对较大, 因此氨水和尿

素应用频率逐渐上升, 就现阶段来看, 在脱硝工程中尿素热解技术的应用愈发成熟, 频率相对较高、应用范围相对较广且应用效果也是相对较好的。

## 2 尿素热解技术的应用分析

### 2.1 原理分析

在尿素热解反应的过程中需要引入一个重要设备热解炉, 是为了更好地控制反应环境, 进而达到反应条件, 热解炉内温度达到 350℃~650℃时, 高浓度尿素溶液通过喷枪呈雾状喷射进入炉内, 遇热会热解蒸发, 得到固态尿素, 从而热解生成 NH<sub>3</sub> 和 CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> 作为还原剂应用于烟气脱硝当中, 在催化剂的作用下将 NO<sub>x</sub> 还原为 N<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O, 用化学式表达如下:



在尿素热解技术应用的过程中可以将其制氨环节划分为三个主要阶段: 首先, 需要通过蒸发的形式使其从液相

**【作者简介】**王平(1987-), 男, 中国重庆人, 本科, 工程师, 从事电力工程热动力, 火电厂环保, 火电厂脱硫、脱硝、除尘技术改造、运行、检修、维护等研究。

分解为固相的颗粒,即  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  (溶液)  $\rightarrow$   $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  (固体颗粒) +  $\text{H}_2\text{O}$  (气体); 其次,通过热解技术将尿素热解为氨气和异氰酸  $\text{NH}_2\text{CONH}_2 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$ ; 最后,异氰酸进行分解,通过水解的形式生成氨气和二氧化碳  $\text{HNCO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ 。尿素热解制成氨气和二氧化碳是尿素热解技术在烟气脱硫中应用的关键环节,需要引起关注和重视,加强对反应条件的控制与管理,进而更好地保障尿素热解技术能够有效应用于实践当中。

## 2.2 工艺流程分析

在尿素热解技术应用的过程中需要先通过斗提机或气力输送机将储仓内的尿素颗粒运送至溶解罐,配合除盐水将其溶解制成 50% 的尿素溶液。一般情况下需要确保溶液温度在 30℃ 以上,通过外部加热的方式来更好地保障溶液制作效果,在此之后将溶液输送到料泵和循环系统,经由雾化喷嘴将尿素溶液喷入热解炉,配合稀释并加热的空气,经过三重分解生成氨气和二氧化碳,然后将其作为还原剂应用于烟气脱硝当中,如图 1 所示。

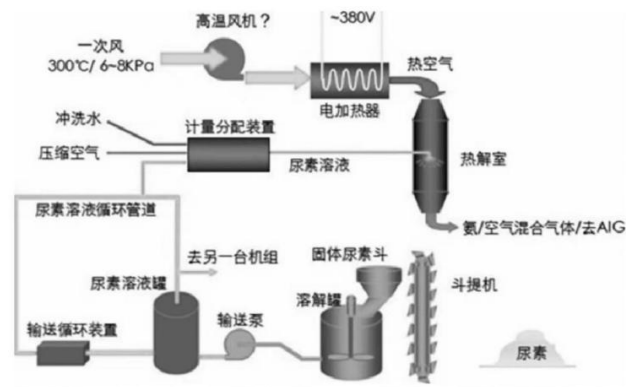


图 1 尿素热解制氨工艺流程图

在尿素热解工艺应用的过程中起到关键作用的则是热解炉,热解炉可以通过热源的选择来达到指定温度,确保炉内温度在 350℃~650℃ 阈值范围内,在此之后按照温度特性和尿素溶液的体量控制热解时间,保障尿素溶液能够完全转化为氨气和二氧化碳,确保转换率达到 100% 后将其输送到脱硝烟道,避免对环境造成较大的破坏和影响<sup>[1]</sup>。一般情况下热解炉的容积大小需要结合机组烟气脱硝的实际需求量来进行确定,而在热源供应上可供借鉴和参考的手段是相对较多的,如燃油、燃气、电能、高温蒸汽等都可以达到规定的温度标准。

此外,还需要注意的则是控制尿素添加量问题,避免尿素添加过多而造成不必要的资源浪费,并且会加剧空预器堵塞问题,而尿素添加量多少根据 SCR 反应所需的氨料来展开分析。例如,某电厂机组容量为 2×300MW,锅炉为四角切圆炉型,共两台,在锅炉运行期间省煤器出口烟风参数如下,蒸发量为 1060t/h,烟风中含有 12.65% 的  $\text{CO}_2$ 、3.99% 的  $\text{O}_2$ 、69.08% 的  $\text{N}_2$ 、14.29% 的  $\text{H}_2\text{O}$ ,其中湿烟气量

为 1223687Nm<sup>3</sup>/h,干烟气量为 1144097Nm<sup>3</sup>/h,烟气温度为 391℃,静压为 -945Pa,在锅炉运行期间 SCR 入口  $\text{NO}_x$  浓度为 450mg/Nm<sup>3</sup>,飞烟浓度为 55g/Nm<sup>3</sup>, $\text{SO}_2$  (6% $\text{O}_2$ ) 干基为 653uL/L,在锅炉运行期间采用了尿素热解工艺完成了烟气脱硝,为了确保脱硝效果结合锅炉运行数据,确定每一台锅炉在其运行期间脱硝所需氨量为 170kg/h,根据尿素转化为氨和二氧化碳的反应原理计算可得尿素耗量为 360kg/h,在尿素热解的过程中将热解温度控制在 600℃。经实践分析可得两台锅炉运行期间 A 锅炉入口侧  $\text{NO}_x$  为 298~343mg/Nm<sup>3</sup>,出口  $\text{NO}_x$  为 48~59.9mg/Nm<sup>3</sup>,脱硝率维持在 82% 以上,最低为 82.34%,最高为 86.3%,B 锅炉入口侧  $\text{NO}_x$  为 310~351mg/Nm<sup>3</sup>,出口  $\text{NO}_x$  为 47~58.4mg/Nm<sup>3</sup>,脱硝率维持在 80% 以上,最低为 80.6%,最高为 86.53%,可以较好地满足国家排放标准,达到预期的脱硝效果。

为了更好地分析尿素热解法在烟气脱硫中应用的应用效果,除了做好脱硝率计算,监测入口和出口处  $\text{NO}_x$  的排放量以外,还需要做好一次温度、一次风流量、一次风压力、加热器电流等相应数据的监测,在其运营发展的过程中除了需要关注环境保护问题以外,也需要关注经营效益。如果尿素热解法在烟气脱硝过程中所需要消耗的成本和资源相对较多,则很容易会让相关单位面临着较大的运营风险与运营压力<sup>[2]</sup>。而在本次 300WM 机组运行数据中一次风流量最低为 9370.7Nm<sup>3</sup>/h,最高为 9913.2Nm<sup>3</sup>/h,一次风温度最低为 319℃,最高为 327.3℃,一次风压力最低为 8.22kPa,最高为 9.43kPa,加热器电流最低为 651.7A,最高为 809A,需要进一步分析研究热解系统最佳节能运行区间,实现节能降耗。

## 3 尿素热解技术在应用中的常见问题

### 3.1 运行成本相对较高

运营效益,无论是电厂还是化工厂在锅炉烟气脱硝处理的过程中都必须考量脱硝成本问题,不利于战略发展目标的实现和可持续发展,而尿素热解技术在应用的过程中热能消耗量是相对较大的,这也会直接增加烟气脱硝所耗成本和资源,不利于尿素热解技术的大范围应用,也不利于可持续发展,在进行能耗分析的过程中需要充分考量的是尿素热解原理,挖掘节能降耗的潜力。在尿素热解过程中需要通过加热空气的方式来实现尿素向氨和二氧化碳的转换,在这个过程中可供借鉴和选择的能源是相对较多的,如燃油、燃气、电能等,但是因为是在系统运转的过程中对于稀释风的需求体量相对较大,因此在温度加热的过程中所需要消耗的能源相对较多,而这时则可以通过转换能源的方式来降低尿素热解装置运行期间所耗成本和资源<sup>[3]</sup>。一般而言,在能源选择的过程中可以引入高温辅助蒸汽或烟气来更好地控制尿素热解装置的运行成本,但是需要注意的则是,就现阶段来看高温辅助蒸汽和烟气作为热源为尿素热解装置运行提供内驱

动力和能源基础方面的节能研究还有待深化,可以通过换热装备的科学选择适配机组的实际运行情况,进行有效优化和调整,最大化地降低尿素热血装置运行所耗成本,提高经济效益,实现环境保护和经济发展两者之间的有效协调。

### 3.2 热解炉运行的持续性问题

一般情况下,锅炉运行属于持续性运行,这就意味着在锅炉运行期间会持续产生烟气,如果无法保证热解炉运行的持续性,也无法保证烟气脱硝效果,更无法满足于国家相关的排放规定和标准,而目前所遇到的影响热解炉运行持续性的主要原因表现为热解炉尾部尿素积存过多,这会直接影响热解炉运行期间的出口风量,进而导致了烟气脱硝系统运行所需氨量无法得到满足,积累严重甚至会导致热解炉停运进行清理,否则会导致脱硝效果过低,而构成这一问题的根本原因则在于热解炉流场和出口管道保温设计的未充分考虑尿素未充分雾化沉积问题,尿素溶液热解后在混合气管道输送的过程中其温度低于尿素分解产物的反应温度,随着时间的推移在热解炉运行期间管壁很有可能会出现结晶,导致管道堵塞。为了更好地解决这一问题,可以通过提高热解炉出口管道温度的方式确保其运行的连续性和脱硝效果<sup>[4]</sup>。此外,在热解炉运行期间炉内热空气的流量不足或温度不够也会导致尿素溶液并没有得到完全转化,进而产生沉积物,生成废渣,长此以往也会导致堵塞问题,而这时则可以通过尾部出口混合气体的温度控制的方式来进行解决,需要将其温度控制在320℃以上。

### 3.3 雾化空气的品质问题

在尿素热解技术应用的过程中雾化空气的品质也很容易会影响热解炉的运行效率,进而影响其最终的烟气脱硝效果,而在雾化空气分析的过程中需要从成分的角度来展开讨论。一般情况下雾化空气中往往含有水、油和尘土,这就意味着雾化空气中的杂质很容易在系统运行的过程中堵流量计,流量测量不准确,进而导致了尿素溶液的雾化效果受到了较大的影响,影响尿素热解的最终效果,出现尿素沉淀堵塞热解炉的尾管,为了更好地解决这一问题,在尿素热解系统运行的过程中可以通过雾化空气来源的科学选择尽可能减少空气中的杂质<sup>[5]</sup>。此外,可以增加测量反吹扫装置,

避免流量计出现堵塞情况,始终保证系统运转的稳定性和可靠性。

### 3.4 脱硝效率问题

尿素热解技术应用的最终目标是为了去除锅炉运行烟气中的有毒有害物质,进而更好地协调经济发展和环境保护之间的矛盾,因此脱硝效率是尿素热解技术应用时需要着重考量的问题之一,而脱硝效率的影响因素是相对较多的,除了会受到加热温度等相应因素影响以外,加热介质也会影响脱硝效率,如果在系统运行期间经过空气预热器后的一次风中含有粉尘等相应杂质,则很容易会堵塞脱硝喷氨格栅,进而导致系统运转的可靠性和稳定性受到较大影响,脱硝效率受到较大冲击。此外,脱硝效率离不开催化剂活性和烟气流场分布,因此多点测量技术和分区喷氨技术需要研究分析。脱硝系统是一个复杂的过程,多方面均会影响效果,需全面研究分析。

## 4 结语

尿素热解技术在锅炉烟气脱硝中有效应用可以有效解决液氨安全问题,可较好地平衡经济发展与环境保护之间的矛盾,而就现阶段来看,尿素热解技术发展已经较为成熟,可以结合实际情况,通过技术参数的科学调节对系统做出有效完善,在保障尿素热解系统能够正常运转的基础之上提高脱硝质量和脱硝水平,并尽可能控制脱硝成本,更好地协调经济效益、生态效益、社会效益。

### 参考文献

- [1] 蒋新伟,李文华,杨一理,等.SCR烟气脱硝尿素热解炉内加热技术节能研究[J].节能与环保,2020(7):88-89.
- [2] 张磊,陶谦,邱勇军,等.SCR烟气脱硝还原剂制备工艺比较[J].电力科技与环保,2019,35(5):20-22.
- [3] 何运业,周世亮,张超,等.基于SCR烟气脱硝的尿素热解系统节能改造[J].内蒙古电力技术,2019,37(3):83-86.
- [4] 王永波,张永强.尿素热解SCR脱硝节能降耗技术探讨[J].当代化工研究,2017(3):108-109.
- [5] 杜成章,刘诚.尿素热解和水解技术在锅炉烟气脱硝工程中的应用[J].华北电力技术,2010(6):39-41+54.