

## 钢铁企业烧结烟气脱硝工艺的探讨

烧结烟气是钢铁企业的重要污染物，为了响应国家去产能、减排政策的实施，烧结烟气脱硝已成为国内外脱硝研究领域的一个热点。

本文结合实际工程，从钢铁企业烧结烟气目前存在的问题入手，对现今主要脱硝技术进行分析对比近年来，大气污染备受关注，二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)是烟气中主要的空气污染物，它会引发人类和动物的呼吸系统疾病，也会导致一系列的环境问题，如光化学烟雾、酸雨和臭氧破坏，这对工农业生产及人民的身体健康造成了严重的影响。

其污染源主要是燃煤发电行业和钢铁行业，燃煤行业的脱硫脱硝已有比较成熟的工艺，而钢铁行业的烟气处理尚未得到足够的重视。据统计，在钢铁工业的各种生产过程中，烧结烟气过程中NO<sub>x</sub>排放约占钢铁厂NO<sub>x</sub>排放总量的一半左右，尽管烧结烟气脱硝在技术上已经成熟，方法也有多种，但在烧结烟气脱硝的建设方面进展不大。

2012年，国家环保部颁发的《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》(GB28662-2012)和炼焦化学工业污染物排放标准-GB16171》要求现有企业和新建企业的SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>排放限制分别为200mg/m<sup>3</sup>、300mg/m<sup>3</sup>。

随着NO<sub>x</sub>和SO<sub>2</sub>的排放标准的要求越来越严格，继电厂烟气处理后，对钢铁企业烧结烟气同时脱硫脱硝的新技术开发将是一个具有挑战性和迫切性的问题，使得烧结烟气中NO<sub>x</sub>的控制成为继烟(粉)尘和SO<sub>2</sub>脱硫之后钢铁企业环保治理的重点，并且越来越多的工作致力于开发更高效的NO<sub>x</sub>去除技术，这彰显着对烧结烟气脱硝处理刻不容缓。

### 1 钢铁企业烧结烟气目前存在的问题

钢铁行业中烧结烟气是将置于烧结台车上的各种粉状(含铁原料)、燃料和溶剂点火熔化，在高温烧结成型过程中所产生的含有多种污染成分的气体，其中包含的主要大气污染物有SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、重金属和二噁英等有害物质，因此烧结烟气的治理与净化是钢铁行业大气污染物减排工作的重中之重。

目前，湿法烟气脱硫(FGD)是钢铁工业中较为成熟、应用最广泛的一种控制二氧化硫排放的技术，静电除尘对Pb、Cd、Cr的去除率均为50%以上，选择静电除尘结合湿法脱硫装置，可以达到协同去除重金属效果。

国际上(包括中国)常用的去除烟气中二噁英的技术是活性炭喷射加布袋除尘器，这种技术可以比较方便地运用于实际工程，也可较容易的实现烟气中二噁英的浓度低于0.1ngI-TEQ/m<sup>3</sup>的排放标准。

南方某大型钢铁企业已具备循环流化床脱硫塔，流化床对NO<sub>x</sub>有一定的脱除作用，但脱除率仅在10%左右，不能够实现较好的脱硝效率，故拟在3号烧结脱硫入口烟道增设脱硝装置。在烧结过程中产生的NO<sub>x</sub>主要包括NO和NO<sub>2</sub>，其中90%以上是NO，5%-10%是NO<sub>2</sub>，把这些有害的化合物转化成无害的氮。在它们排放到大气中之前是非常必要的。

然而，由于烧结烟气中的NO<sub>x</sub>主要以不溶于水的低价氧化物形式存在，因此吸收塔对氮氧化物的吸收作用不大。由于烧结烟气的特殊性，每个行业应结合自身工程特点，开发出适合的脱硝技术路线。

### 2 结合钢铁企业烧结烟气特点，选择合理脱硝技术

钢铁企业烧结烟气与普通电厂烟气相比，有其自身的特点：烟气量大且分布不均匀。每生产一吨烧结矿大约产生4000-6000m<sup>3</sup>烟气，因透气性差异和辅料不均等原因，最终倒是烟气系统阻力变化较大，从而烟气量变大。

温度变化范围大。一般为80-180℃，但达不到电厂锅炉烟气脱硝SCR反应所需要的温度350℃。含氧量高。一般为15%-18%。湿度大且不稳定。为了提高烧结混合料的透气性，混合料在烧结前必须加适量的水制成小球，所以水分含量一般为10%-13%。

污染物成分复杂。原料铁矿石的运用，使烟

气中含有HCl、HF、NO<sub>x</sub>等腐蚀性气体，粉尘浓度高，SO<sub>2</sub>

含量大。目前烟气脱硝技术按照脱除原理可以分为催化分解、催化还原、非催化还原、吸收法、吸附法、电子束法等，本文从下面几种应用较广泛的脱硝技术中，结合钢铁企业烧结烟气的特点，为本项目工程选择合理的脱硝技术。

## 2.1 选择性催化还原脱硝(SCR)

SCR工艺在20世纪70年代于日本率先实现工业化，主要应用于工业锅炉和电站锅炉烟气脱硝，是在催化剂作用下，以NH<sub>3</sub>为还原剂，在一定温度范围内(一般为300-450℃)，使NO<sub>x</sub>发生还原反应，生成N<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O。

该技术脱硝效率高，一般为70%-90%，不产生二次污染，系统稳定。国内约有300多家电厂采用SCR法，约占所有脱硝技术的98%[9]。然而，由于我国烧结烟气温度较低，不能达到SCR的操作温度且投资运行成本高，故无法直接应用到烧结烟气脱硝。

## 2.2 选择性非催化还原脱硝(SNCR)

SNCR是指在一定

温度下，无催化剂存在，利用氨或尿素

等氨基还原剂选择性地将烟气中的NO<sub>x</sub>还原为N<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>

O，而基本上不与烟气中的氧气作用。SNCR技术主要应用于火电厂烟气脱硝，该技术投资少、设备简单、无催化剂，但脱硝效率相对较低，通常在40%左右，且反应温度较高，主要应用于窑炉设施，因此不适用于烧结烟气的工况。

## 2.3 活性炭脱硝

NO<sub>x</sub>

在活性炭官能团的选择性催化作用下被喷入的氨还原而被脱除，没有氨气的条件下为吸附脱除，脱硝效率为40%-60%。其优点一是可以实现二氧化硫、氮氧化物、二噁英等多种污染物同时脱除；二是烟气温度能够满足脱硝反应要求，不需要外加热源；三是无需工艺水和废水处理。

截至目前，采用活性炭干法烧结脱硫脱硝的大型钢铁公司包括日本新日铁住金、韩国浦项钢铁、澳大利亚的博思格钢铁以及中国太钢等。但活性炭装置建设费用和运行费用十分高昂，是其他烧结烟气治理装置的3~5倍，活性炭消耗量大，喷射氨增加了粘附力，造成吸收塔内气流分布不均匀，再加上环保投入效益较低，难以普及。

## 2.4 臭氧氧化脱硝

臭

氧化脱

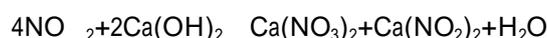
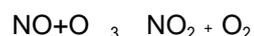
硝技术的基本机理

是利用臭氧发生器产生的强氧化性臭

氧将难溶于水的NO氧化成易溶于水的NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

等高价态氮氧化物，然后在洗涤塔内将NO<sub>x</sub>被吸收剂Ca(OH)<sub>2</sub>吸收，实现脱硝的目标。

其脱硝效率为60-90%，反应机理是：



臭氧氧化脱硝工艺简单，占地面积小，运

行维护简单，可同时实现SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>

脱除，因此，可满足本项目工程的脱硝技术需求。综上所述，结合钢铁企业烧结烟气特点，选定臭氧氧化脱硝技术最

为合适、合理，这种技术结合在国内钢铁行业应用案例较少。

臭氧氧化脱硝工艺避免了SCR脱硝工艺缺点的同时可取得良好的NO<sub>x</sub>去除效果，为钢铁企业烧结烟气治理的提供了新方法，并完善了钢铁企业对工业废气的处理。

### 3 实际项目工程对选定脱硝技术的案例验证

臭氧作为强氧化剂的脱硝工艺不仅脱硝效率高，还具有可根据出口NO<sub>x</sub>浓度排放指标要求分步投运脱硝系统的优势，其臭氧发生器发生量可调，控制灵活简便，适应性强。

南方某大型钢铁企业为其3号烧结机脱硫系统前增设一套完整的脱硝设施，该项目工程的臭氧氧化脱硝系统主要由氧气源供应系统、臭氧发生系统、循环冷却水系统以及喷射系统等组成。

3号烧结机烧结烟气处理工艺流程见图1所示。

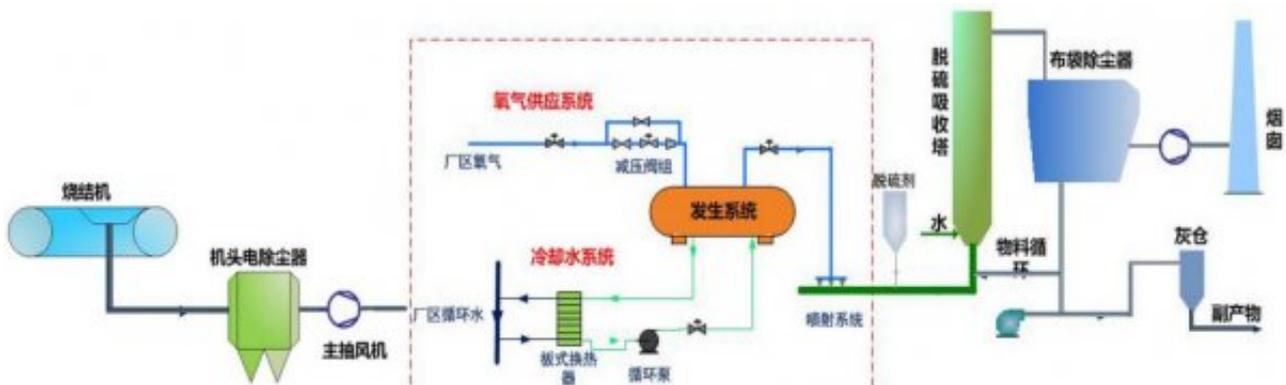


图1烧结烟气处理工艺流程图(虚线框内为脱硝工程)

该脱硝系统在不同的NO<sub>x</sub>等污染物浓度和比例下，可以同时高效率脱除烟气中的N<sub>2</sub>O<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>和颗粒物等污染物，同时还不影响其他污染物控制技术，是传统脱硝技术的一个高效补充或替代技术。

表1 污染物NO<sub>x</sub>产生和排放情况

采样时间	产生浓度 mg/m <sup>3</sup>	进口速率 kg/h	排放浓度 mg/m <sup>3</sup>	出口速率 kg/h
第一次	182	95.8	61	33.0
第二次	186	96.7	61	34.7
第三次	194	99.7	56	31.6

脱硝改造工程的实施，可提升烟气处理系统脱硝效率由原来的10%升至71.5%以上，氮氧化物排放浓度将稳定达到《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》(GB28662-2012)中特别排放限值要求。

针对该钢铁公司实际情况，相比传统催化氧化脱硝工艺，本工程采用臭氧氧化脱硝具有如下优点：不需要催化液氨，避免化学药剂风险问题；新建脱硝设施对现有脱硫设施的运行生产基本无影响；不需要对现有吸收塔进行改造，仅在吸收塔烟道入口设置臭氧喷射装置，现有脱硫系统停机改造时间较短；对现有系统阻损无影响，现有风机压力无需改造；新增脱硝设施后，现有吸收剂(钙基)共同承担脱硫脱硝作用，仅增加吸收剂用量且增加量已在脱硫设施改造时考虑到位，无需对现有脱硫剂设施进行改造；副产物成分为硝酸钙及亚硝酸钙，可直接作为建材添加剂综合利用。

### 4 结论

(1)烧结烟气采取臭氧氧化脱硝工程，一方面降低NO<sub>x</sub>

污染物排放总量，节省一定的排污费用;另一方面，对改善区域大气环境起到积极作用。

(2)该钢铁企业采用的臭氧氧化+干法脱硝法应用实例较少，为烧结烟气脱硝处理提供了新思路。(3)烧结烟气处理方式种类多，应根据各行业实际情况，探究出适合的处理技术为更好解决烧结烟气脱硝问题，同时需加大对新型技术的投资和研究，真正做大节能减排，同时保障钢铁企业的经济效益。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/138770.html>