

文章编号: 1005-006X(2010)04-0030-03

干化污泥再燃降低 NO_x 排放技术的应用分析王志强¹ 田华² 邹金生³

(1.山东大学能源与动力工程学院, 2.山东省质量技术监督局, 3.深圳市能源环保有限公司)

摘要: 污泥的处理与利用是当前环保领域内的热点课题之一。分析了目前污泥处理的特点和存在的问题, 并根据国家及国际环保要求及发展趋势提出了污泥处理和利用的最新方法——干化污泥再燃降低 NO_x 排放技术。探讨了干化污泥再燃降低 NO_x 排放的基本原理及技术关键; 并结合某电厂现有锅炉机组情况, 提出了锅炉干化污泥再燃脱硝工艺改造方案, 探讨了改造方案对原锅炉的影响及提出了相应的解决措施, 得出按照污泥减量化、稳定化、无害化和资源化的要求, 干化污泥再燃技术是污泥处理的最有效利用方式之一。

关键词: 污泥; 再燃; 减量化; 无害化; 资源化

中图分类号: TK224 **文献标识码:** A

Application Analysis of Desiccation Sludge Reburning Technology to Reduce NO_x Emission

WANG Zhi-qiang, TIAN Hua, ZOU Jin-sheng

Abstract: The sludge treatment and utilization has become one of the hot subjects in the field of environmental protection. The traits of sludge treatment and its problems were analyzed. And to satisfy the requirement of circumstance protection, the appropriate and newest way was presented, which was desiccation sludge reburning. The principle and technical key of the desiccation sludge reburning technology to reduce NO_x emission were discussed. Combined with the boiler situation of a power plant, the reconstruction scheme for desiccation sludge reburning was presented. The effect of reconstruction scheme on the boiler was discussed. According to the sludge treatment principle of reducing quantity, stabilization, harmless and reclamation, the desiccation sludge reburning technology would be one of the most efficient methods to solve the sludge pollution.

Key words: sludge; reburning; reducing quantity; harmless; reclamation

污泥是污水处理过程中产生的固体废物, 成分复杂、产生量巨大, 且污泥含水率高; 固体废物主要由亲水性带负电荷的胶体颗粒组成, 颗粒细小而不均匀、挥发性固体含量高, 且具有有害物质和病菌含量高、污染环境, 形态复杂、输送困难等特性, 给处理和利用带来一定的难度, 如果处理不好则会引发二次污染造成更大的环境污染。目前污泥的处置方法主要有堆肥处理、卫生填埋、焚烧处理和其它综合利用等。但污泥中的有害物质影响其作为肥料广泛地应用; 污泥的卫生填埋并不能最终避免环境污染, 而只是延缓了产生时间; 污泥的焚烧一度很受人们的欢迎, 然而污泥焚烧又以一次性投资大、设备投资高、运转费用高、有机物燃烧温度低时产生二恶英等剧毒物质, 需要对烟气进行处理, 焚烧产生的灰需要再处理等限制了其使用。因此, 为了更好地“减量化、无害化、资源化”处理污泥, 同时又能满足越来越严格的环境要求, 提出了干化污泥再燃降低 NO_x 排放技术, 即污泥首先进行初步干燥后, 使干化污泥的可燃成分在锅炉高温条件下充分燃烧, 最终成为稳定的灰渣; 该技术具有减容、减重率高, 处理速度快, 无害化彻底, 替代其它化石燃料用于发电或供热等优点; 并将该技术应用到现有锅炉机组改造的应用前景进行分析^[1-5]。

目前, 再燃技术采用的再燃燃料多为天然气和超细煤粉。虽然这两者的再燃效果较好, 但其投入成本较高, 适用范围较小。因此, 作为替代燃料, 干化污泥再燃降低 NO_x

排放的研究具有一定的现实意义。利用干化污泥作为再燃燃料进行焚烧处理, 不仅可以实现污泥的无害化处理和节省大量的化石燃料, 同时最主要的是还能降低火电厂氮氧化物的排放, 达到“以废制废”的目的, 因此在具备条件的地区和企业开展污泥再燃降低 NO_x 的技术示范工作, 具有很大的意义。

1 污泥再燃脱硝技术

1.1 再燃低 NO_x 排放技术的原理

再燃低 NO_x 燃烧技术是降低 NO_x 排放的诸多炉内方法中最有效的措施之一, 其原理示意图见图1。再燃低 NO_x 技术将80%~90%的燃料送入主燃区在空气过量系数 $\alpha > 1$ 的条件下燃烧, 其余10%~20%的燃料作为还原剂在主燃烧器的上部某一合适位置喷入形成再燃区, 再燃区空气过量系数 $\alpha < 1$, 在再燃区内, 再燃燃料分解产生的碳氢原子团, 与主燃区的 NO 分子发生反应生成其它的含氮物质例如氰化氢 (HCN) 等基团, 这些基团经过一系列中间反应, 大部分被还原成 N_2 分子。再燃区上方布置燃尽风以形成燃尽区, 保证再燃区出口的未完全燃烧产物燃尽。

1.2 干化污泥再燃脱硝技术的原理及技术关键

污泥再燃技术降低燃煤锅炉 NO_x 排放, 其原理就是向锅炉炉膛火焰中心上部喷入污泥粉状颗粒, 使其与来自炉膛下部高温火焰中心的燃料型 NO_x 反应, 使 NO_x 失氧转变成 N_2 , 随后在温度稍低、喷射点上部的炉膛区域, 补入部分空气,

收稿日期: 2010-01-12

王志强, 男, 讲师, 博士后。济南, 250061

再将燃料完全烧掉。

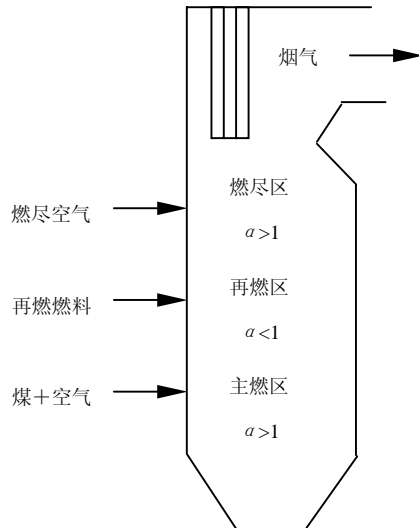
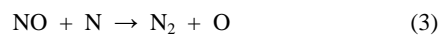
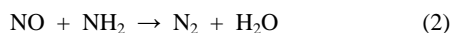
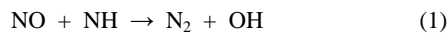


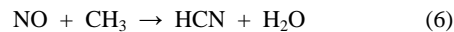
图1 再燃技术原理示意图

污泥再燃过程主要是通过再燃污泥挥发分中氨类(NH₃)、氰(HCN)、烃根(CH_i)等与NO_x的均相化学反应和污泥脱挥发分后的污泥焦与NO_x的异相反应来还原燃烧气体产物中的NO_x。

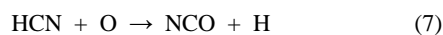
污泥挥发分还原NO_x的均相化学反应:还原气氛中NO与氨类(NH₃)和氮原子(N)反应生成N₂:



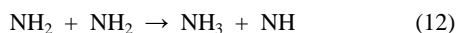
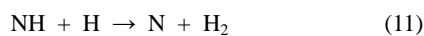
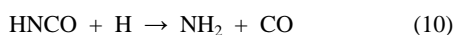
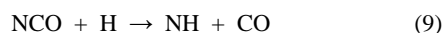
还原气氛中NO与烃根(CH_i)结合生成氰(HCN):



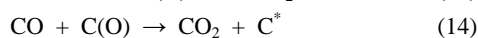
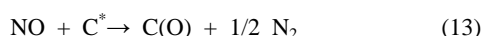
然后HCN与O、OH按以下反应生成中间产物氰氧化物:



氰氧化物在还原性气氛中转化为氨类:



污泥焦还原NO_x的异相反应:污泥焦对NO的还原能力决定于污泥焦的物理化学特性,其中包括污泥焦的比表面积、孔隙结构和污泥焦的化学成份。污泥焦的物理化学特性又决定于污泥的热解条件。污泥焦与NO间的反应主要是污泥焦中C与NO的反应,这一反应过程又受到污泥焦中矿物成份的催化与气相中O₂、H₂O与CO的影响。对于C与NO的反应,其主要的反应:



以上反应式中C(O)表示污泥焦表面活性碳氧基。从这一反应机理可以看出,污泥焦通过表面上活性C基与NO反

应,将NO中的N²⁺还原为N₂。NO中的O²⁻则与污泥焦表面的C*结合在污泥焦表面生成C(O)。C(O)最终脱离污泥焦表面生成CO气体。CO气体又可以与污泥焦表面C(O)反应生成CO₂,并在污泥焦表面形成新的活性碳基C*。在这一系列反应中,CO虽然没有直接与NO反应,但可通过反应(14)促进污泥焦表面C*的生成,对污泥焦与NO间的反应起到催化作用。

采用污泥再燃技术降低燃煤锅炉NO_x排放的关键技术是要确定污泥喷口和燃尽风喷口的位置、数量以及气流出口参数。

该工艺的影响因素主要有温度和再燃过量空气系数。还原区(即再燃区)内温度的提高有利于NO_x的削减。高温有利于提高固定氮的分解速率,但1300℃又是热力型NO_x生成的转折温度,所以通常要求再燃区的温度水平在1150~1200℃左右,以保持较高的还原效率。

随着还原区的过量空气系数的增加,NO_x排放呈指数关系迅速增加,同时未燃尽热损失呈线性下降,再燃区的过量空气系数存在一个最佳值。

2 某电厂135 MW机组再燃脱硝工艺改造方案

为了实现污泥的无害化、资源化和能源化处理,消除二次污染,并充分利用污泥燃料尽可能地降低135 MW机组的NO_x排放,本方案采用城市污泥的干燥技术和污泥再燃降低NO_x相结合的工艺,以使本机组的NO_x排放降低30%以上。国内外已有成熟的(超细)煤粉再燃降低NO_x技术,污泥再燃降低NO_x技术的原理与其基本一致。利用混烧污泥的条件,同时进一步降低NO_x的排放,是在不增加成本的基础上,考虑了废物的资源化利用和环保问题。

2.1 锅炉再燃技术改造整体方案

再燃技术通过燃料和空气分级送入,将炉膛分为主燃区、再燃区和燃尽区3个区段组织燃烧,针对某电厂135 MW锅炉的实际情况,将最上层(C层)一次风喷口作为再燃燃料喷口,将污泥和部分煤粉从该喷口送入炉膛,并将上二次风喷口改为三次风喷口,封堵原有的燃尽风OFA喷口;B和C层一次风喷口作为主燃燃料喷口;原有三次风喷口改为燃尽风喷口,这样炉膛被分为3个区域,在C层以下为再燃区、C层至燃尽风喷口为再燃区、燃尽风喷口至炉膛出口为燃尽区。

改造方案对锅炉原有四角布置的各只燃烧器及相应一、二次风管道基本不作改动,只需把上层二次风道改为三次风风道连接即可,三次风速降到和二次风速相同;另外由于减少了上二次风喷口,改造方案对二次风风率进行较小的调整。改造前后的锅炉燃烧器喷口布置见图2。

2.2 再燃技术改造对原锅炉影响的分析及相应解决措施

(1) 锅炉效率

采用再燃低NO_x燃烧技术后,锅炉效率特别是飞灰含碳量的变化直接影响燃烧的经济性,一般最上层一次风喷口和三次风喷口燃料的燃尽是最最终煤粉燃尽的制约因素,而对于已有锅炉的改造,采用再燃技术是原有的燃料口没有发生变化,在再燃区未燃尽的颗粒经过燃尽区保证了足够的在炉

内停留时间, 锅炉的飞灰含碳量会略微升高, 但升高值很小, 故对锅炉效率几乎没有影响。

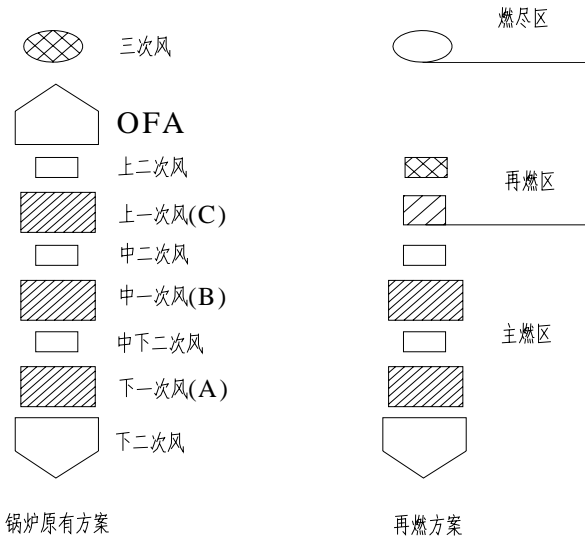


图2 改造前后的锅炉燃烧器喷口布置图

(2) 炉膛出口温度

采用再燃方式, 燃料和空气分级送入, 燃料燃烧过程延迟, 燃烧的火焰中心升高, 炉膛出口烟温升高, 增加减温水量, 过热器、再热器等受热面容易超温, 改造方案中燃尽风喷口设计为上摆 5° 、下摆 20° , 通过调整燃尽风可以调节炉膛出口温度, 保证锅炉安全经济运行。

(3) 高湿烟气循环利用的影响

干燥污泥的高湿烟气循环进入锅炉内, 如果循环倍率超过20%时, 燃烧会趋于不稳定, 而且未完全燃烧热损失会增加; 在电站锅炉中, 提高过热蒸汽的参数是提高火力发电站热经济性的重要途径, 如果高湿烟气的大量增加会造成炉膛出口烟温和烟气换热系数的降低, 导致过热器、再热器等尾部受热面的换热量减少, 此时如果不采取措施(如强化换热面积)会严重影响锅炉的经济性和运行安全性。

大量的水分(包括水蒸气)进入到锅炉, 还容易造成尾部的堵塞, 如果燃料中硫含量过大时, 还容易造成设备的腐蚀。解决的方法是控制进入锅炉的水含量和适当地提高排烟温度。另外, 污泥中水分含量对锅炉辅机的影响(送、引风机等)不大, 必要的情况下可以考虑辅机的排水方法。

(4) 再燃技术对污泥焚烧特性的影响

污泥焚烧具有以下优点: ①减量化程度高(焚烧后体积

可减少90%以上), 它可以解决其他方法中污泥要占用大量空间的缺陷, 这对于日益紧张的土地资源来说是很重要的; ②焚烧后剩余污泥中的水分、有机物等都被分解, 只剩下少量的无机物成为焚烧灰, 因而最终需要处置的物质很少, 不存在重金属离子的问题, 焚烧灰可制成建筑材料等有用的产品, 是相对比较安全的一种污泥处置方式; ③污泥处理的速度快, 占地面积小, 不需要长期储存; ④污泥可就地焚烧, 不需要长距离运输; ⑤可以回收能量用于供热或发电。但也存在以下问题: ①如果单独对污泥进行焚烧, 需要消耗大量的能源, 而能源价格又不断上涨, 焚烧的成本和运行费均很高; ②存在烟气污染、灰渣处理、噪声、振动、热和辐射以及产生成为环境热点的二恶英污染问题; ③热值较低, 同时污泥本身内在水分较难去除, 燃烧时内在水分汽化会消耗能量, 影响燃烧稳定性, 也就是说如何使污泥稳定燃烧。

由于污泥干燥后作为再燃燃料在 $1150\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的温度水平进行焚烧, 可以避免产生二恶英、呋喃等有毒物质, 而且又解决了焚烧后产生烟气污染、灰渣处理、噪声、热和辐射等问题。

3 结论

干化污泥作为一种 NO_x 排放的低污染燃料, 可以减少再燃区和燃尽区污染物的再次生成, 作为再燃燃料能够取得较高的脱氮效果, 成本较低。因此, 从干化污泥再燃的效果及其良好的经济前景等方面综合考虑, 发展干化污泥再燃具有较高的社会效益和经济效益。 □

参 考 文 献

- [1] 迟全虎. 污泥燃料化发电可行性探讨[J]. 华电技术, 2008, 30(4): 76~78.
- [2] 彭琦, 孙志坚. 国内污泥处理与综合利用现状及发展[J]. 能源工程, 2008, (5): 47~50.
- [3] 李晓东, 岑宇虹. 污泥流化床焚烧技术的研究及应用[J]. 燃烧科学与技术. 2002, 8(2): 159~162.
- [4] 周旭红, 郑卫星, 祝坚, 等. 污泥焚烧技术的研究进展[J]. 能源环境保护. 2008, 22(4): 5~9.
- [5] 邓文义, 严建华, 李晓东, 等. 流化床内干化污泥燃烧污染物排放特性研究[J]. 浙江大学学报. 2008, 42(10): 1805~1810.

编辑: 巨川

为适应我国信息化建设需要, 扩大作者学术交流渠道, 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、“中国期刊网”、“万方数据——数字化期刊群”和《中文科技期刊数据库》, 如作者不同意将文章编入该数据库请在来稿时声明。

《电站系统工程》编辑部