

德国流化床焚烧炉烟气中NO_x的控制方法

李媛

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100045)

摘要: 作者介绍了德国Mühlhausen污水处理厂流化床焚烧炉控制NO_x排放浓度的方法。

关键词: 污泥焚烧; 流化床焚烧炉; 氮氧化物

中图分类号: X511 文献标识码: B 文章编号: 1006-5377(2004)11-0042-02

Control Methods of NO_x in Flue Gas of Fluidised Bed Incinerator in Germany

LI Yuan

近几年, 污泥焚烧技术已经成为城市污水厂处理污泥的主流技术, 其应用前景越来越被看好, 到目前为止, 这种技术是处理污泥最好的方法之一。而对于污泥焚烧后排放污染气体的种类和排放标准, 世界各地尤其在欧洲, 各国政府都给予高度的重视并且颁布了严格的标准, 因为焚烧后的废气将直接排入大气, 影响大气环境的质量。

一、污泥焚烧中NO_x的形成与危害

在污泥焚烧过程中所产生的氮氧化物(NO_x)是由空气中的氮和污泥中的氮生成的。燃烧过程中NO_x是由两种不同的机理产生的。一种是污泥中含氮的化合物由于燃烧被氧化生成的NO_x, 称为燃烧型NO_x(fuel NO_x); 另一种是焚烧炉内空气中的氮在高温状态下氧化生成的NO_x, 称为热力型NO_x(thermal NO_x)。后者的生成量受到氧气供给量、温度、焚烧炉中热释放率和烟气停留时间等多种因素的制约。试验表明, 热力型NO_x在温度超过850℃时生成速率会逐渐提高, 而在典型的焚烧炉(温度为950℃)中, 75%~80%的氮氧化物为燃烧型NO_x。

在焚烧炉中所生成的NO会在大气中被转化成NO₂, 而NO₂是一种红褐色的气体, 其排放的结果之一就是使大气的能见度减小。另外, NO在阳光的作用下, 极易与空气中的碳氢化合物反应, 从而生成更多的NO₂和有机废物。这些反应的结果都对大气臭氧层造成了严重的破坏。此外, NO_x还直接涉及到硝酸的形成, 促进了硫酸盐和硫酸的生成, 它们都是酸雾和酸雨产生的主要成分。

焚烧炉内的热解气中的含氮化合物主要为NH₃和HCN。经脱水、干燥后的泥饼在流化床炉内进行焚烧处理的过程中, 炉温400℃~600℃时将产生HCN, 随着炉温

的升高, HCN在气相阶段将分解产生大量的NH₃。同时炉膛内的固硫剂(CaO)在HCN转化成NH₃的反应中又起到了催化剂的作用, 加速了NH₃的生成。试验结果表明, 在流化床焚烧炉中NH₃的浓度远远高于HCN。因此, 可以将NH₃作为NO_x产生的源头。



德国Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen污水处理厂, 分别对污泥焚烧区的两座鼓泡式流化床焚烧炉(结构可参见本刊2004年第5期第39页)进行改变炉温的对比试验。

在焚烧系统的高温(1000℃)试验中, NO的排放浓度平均值大致为100mg/m³; 而从低温(700℃)试验的监测结果可见, NO的排放浓度明显减少, 为30mg/m³左右。NO排放浓度比较如图1所示。

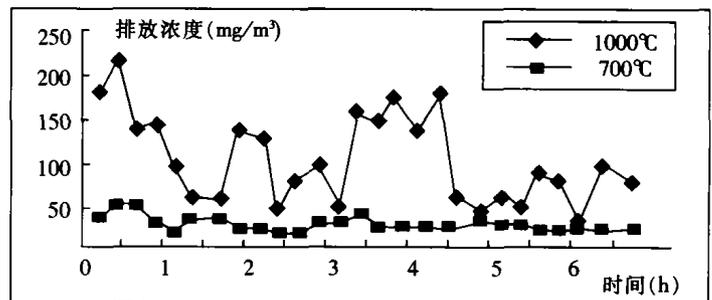


图1 炉温 1000℃和 700℃时, NO 排放浓度比较

二、污泥焚烧中NO_x的控制措施

除通过对焚烧炉一次空气和二次空气量的调节来控制NO_x的排放量的方法外, 还有三种比较有效的控制措施: (1) 选择性非催化法(SNCR)-热力型NO_x去除法(Thermal DeNO_x), 添加尿素法(Urea Injection-NO_x out), KRC两阶段NO_x去除法(KRC Two-Stage DeNO_x); (2) 选择性催化法(SCR); (3) 湿洗法。前两种方法都是通过向焚烧炉内喷射氨或尿素来实现降低NO_x的浓度, 试验结

果表明,这两种方法的去除率可达60%~90%;而湿洗法,尽管它可达到较高的NO_x去除率,但由于随之产生的废水处理问题和高成本的建造费和维护费,因而使用较少。

1. 选择性非催化去除法 (Selective Non-Catalytic Reduction)

选择性非催化去除法(SNCR)是通过向焚烧炉的高温区喷射气态氨或尿素溶液的方法来达到去除NO_x的目的。这些药剂,有时配合其它化学药剂共同使用,在炉温为850℃到950℃的范围与NO反应,从而形成氮气、水蒸汽、二氧化碳及少量的氨气。

(1) 热力型NO_x去除法 (Thermal DeNO_x)

热力型NO_x去除法是SNCR中最普遍采用的一种方法,该方法所添加的药剂为氨气(NH₃)。在炉温850℃~950℃,NH₃以2倍到3倍于NO的比例喷射进去。在该温度范围内,NH₃与NO反应生成水蒸汽和氮气。但若温度高于1050℃,则喷射入内的NH₃会发生反作用,导致形成更为大量的NO。若温度低于850℃时,不仅NH₃与NO的反应速率下降,而且额外的氨可能会与炉内的H₂SO₄和HCl发生反应,生成硫酸铵、氯化铵等铵盐。这些产物都会对焚烧炉正常的热解环境造成严重的破坏。另外,最新的试验结果表明,热力型NO_x去除法的另一副作用为影响烟气中汞的去除率。

(2) 添加尿素法 (Urea Injection-NO_x out)

这种工艺始于上世纪七十年代末,它是向焚烧炉内喷射尿素溶液。该溶液可与NO_x发生反应,将之转化为N₂、CO₂、水蒸汽和少量的NH₃。该方法与热力型NO_x去除法相比具有如下优势:尿素是一种无害化合物,而氨是一种有毒的化合物,它的生产、使用、存放及运输都要受到有关环保部门的严格控制。另外,尿素溶液与NO_x的反应速率要比气态氨高得多。

(3) KRC两阶段NO_x去除法 (KRC Two-Stage De NO_x)

KRC两阶段NO_x去除法是对添加尿素法的改进工艺。该工艺首先在炉温为780℃~1000℃的波动范围内,向焚烧炉的传热断面喷射尿素溶液,通过尿素所释放出来的氨气与NO_x进行反应,从而降低NO_x的浓度。在第一阶段后,系统在后燃烧区喷射液态甲醇,目的是减少在第一阶段所产生的氨(如图2所示)。

2. 选择性催化去除法 (Selective Catalytic Reduction)

选择性催化去除法(SCR)也是采用喷射氨气降低NO_x的浓度,但喷射的位置和方式都与非催化法的各种形式不同。SCR工艺并不是将气态氨直接喷入焚烧炉内,它是由一组专门的喷射装置组成,催化床以下流式排放

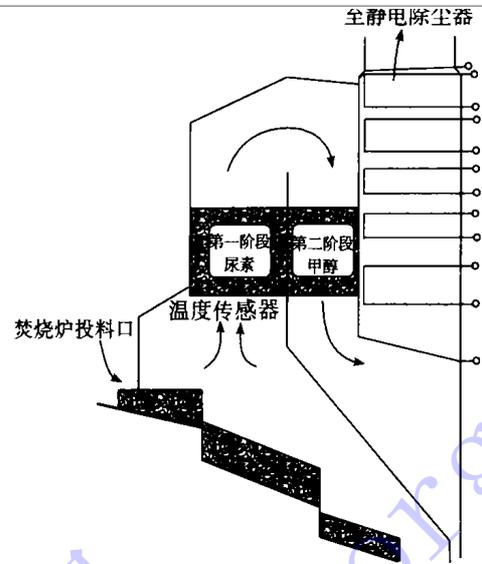


图2 KRC两阶段NO_x去除法

的方式置于烟气控制设备之后,它的作用是使混有氨气的烟气流经催化床时在此处充分混合并发生反应。其结构如图3所示。催化床的形式分为蜂巢板、平行板、环状、管状、圆球状等多种类型,其材料可采用钛、铜、铁、铬、铂、镍、钴、钒等金属制成。SCR工艺与非催化法相比,它的优势在于只使用一半数量的氨就可达到与后者相同甚至更高的NO_x去除率。但这种方法的缺点在于,设计时要考虑对催化床的再加热。由于SCR位于烟气控制设备之后,此时从焚烧炉排出的烟气已被冷却到300℃以下,但催化法所要求的适宜温度应在400℃左右,所以在此处还应将烟气再进行加热。

三、结束语

来自灰尘收集器

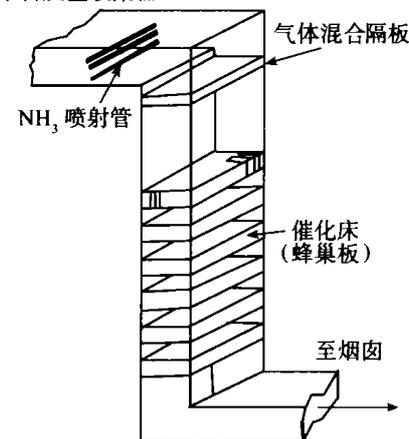


图3 选择性催化去除法

• 流化床焚烧炉排放烟气中的NO_x含量随炉温和过量空气比的增大而增加。

• 德国Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen 污水处理厂通过调节焚烧炉的一次空气和二次空气量,从而控制NO_x排放浓度。

• 热力型去除法和添加尿素法是从焚烧炉烟气中去除NO_x的有效而成熟的技术,已在德国及其他国家广泛应用。

参考文献:(略)