

煤化工行业氮氧化物排放系数研究

梁俊宁*, 陈洁, 卢立栋, 王佩 (陕西省环境科学研究院, 西安 710061)

摘要: 通过现场监测和模拟燃烧实验的方法, 分别对陕西某煤化工企业中的甲醇、二甲醚、合成氨和尿素工艺过程中的氮氧化物进行监测, 并初步核算各煤化工行业氮氧化物的排放系数。结果显示, 不同煤化工行业中, 煤炭在作为原料利用时氮氧化物排放量不尽相同, 其中甲醇行业氮氧化物排放量为 153.19~252.43g/h, 平均为 211.24g/h; 二甲醚行业氮氧化物排放量为 22.38~52.20g/h, 平均为 35.39g/h; 合成氨行业为 246.48~359.65g/h, 平均 305.94g/h; 尿素行业为 13.70~26.75g/h, 平均 19.89g/h。不同行业氮氧化物的排放系数也有所差别, 按照单位产品排放量核算时, 各行业氮氧化物的排放系数分别为甲醇 41.35~88.10g/t-产品、二甲醚 62.27~145.25g/t-产品、合成氨 213.47~322.43g/t-产品、尿素 0.21~0.41g/t-产品, 以单位原料煤消耗量核算出的氮氧化物排放系数分别是甲醇 30.18~52.86g/t-原料煤、二甲醚 22.83~53.26g/t-原料煤、合成氨 119.72~172.73g/t-原料煤、尿素为 0.14~0.28g/t-原料煤。通过比较可知, 煤在作为原料利用时其氮氧化物的排放系数远小于煤的燃烧过程。

关键词: 煤化工行业; 氮氧化物(NO_x); 模拟燃烧实验; 排放系数

中图分类号: X511, X831 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2014)04-0862-07

Nitrogen oxides emission coefficient of coal chemical industry. LIANG Jun-ning*, CHEN Jie, LU Li-dong, WANG Pei (Shaanxi Provincial Academy of Environmental Science, Xi'an 710061, China). *China Environmental Science*, 2014,34(4): 862~868

Abstract: Nitrogen oxide emissions from the processing of methanol, dimethyl ether, synthetic ammonia and urea production were monitored in a certain coal chemical factory in Shaanxi province, and the nitrogen oxide emission coefficients were calculated based on the results of both monitoring and combustion experiments. It was shown that Nitrogen oxide emissions ranged from the different coal chemical production industries. The NO_x discharge amounts of methanol, dimethyl ether, synthetic ammonia and urea industries were separately between 153.19 and 252.43g/h (AV: 211.24g/h), 22.38 and 52.20g/h (AV: 35.39g/h), 246.48 and 359.65g/h (305.94g/h), 13.70 and 26.75g/h (19.89g/h). Per capita production NO_x emission coefficients in different industries also varied, which were 41.33~88.10g/t (methanol), 62.27~145.25g/t (synthetic ammonia), 213.47~322.43g/t (synthetic ammonia), 0.21~0.41g/t (urea). Per capita coal consumption as raw material NO_x emission coefficients were respectively 30.18~52.86g/t (methanol), 22.83~53.26g/t (synthetic ammonia), 119.72~172.73g/t (synthetic ammonia), 0.14~0.28g/t (urea). Compared with two group data, NO_x emission coefficients with coal as raw material were much less than those from coal combustion process.

Key word: coal industry; nitrogen oxide (NO_x); simulated combustion experiment; emission coefficient

作为我国“十二五”大气污染控制约束性指标^[1], 氮氧化物(NO_x)排放已引起社会各界的广泛关注, 根据我国 NO_x 排放趋势, 预计到 2030 年, 在基准情景下中国 NO_x 排放量将达到 $35.4 \times 10^6 \text{t}$, 而在政策情景下, 其排放总量可能控制在 $24.6 \times 10^6 \sim 20.4 \times 10^6 \text{t}$ 之间^[2]。 NO_x 排放源一般分为固定源(含生活源)和移动源两部分^[3], 其中固定源主要包括各种工业炉窑、民用灶具和某些生产过程, 移动源主要是指城市机动车。煤炭作为我国能源

结构方面的主导材料, 其在利用过程中会产生大量的氮氧化物, 煤炭的利用主要有两种形式, 一是作为燃料直接燃烧获取热能, 二是作为原料生产其他能源产品, 也称为煤的洁净利用技术^[4]。燃烧过程中氮氧化物的形成主要有燃料型、热力型

收稿日期: 2013-08-12

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程项目(2012KTZB03-01); 陕西省环境保护厅科研项目

* 责任作者, 工程师, ljntb@163.com

和快速型 3 种^[5-6]。目前,针对燃烧过程中氮氧化物的排放已有系统的调查和研究^[7-12], Smrekar^[13]等对欧盟在 2016 年新标准下燃煤锅炉的氮氧化物排放量进行了多步超前分析;李新艳等^[14]对中国大气中 NO_x 的排放时空分布特征进行了研究,发现煤炭来源的 NO_x 占到了排放总量的 77.4%,并且其排放强度表现为中东部地区明显高于西部地区;孟志浩等^[15]对燃煤锅炉烟气中 NO_x 排放量的计算方法进行了探讨,并根据燃煤锅炉运行实际对 NO_x 排放量的计算方法进行了修正,使物料衡算的方法更加科学合理;工业锅炉 NO_x 排放系数与燃料种类、燃烧方式、燃料预处理、燃烧过程以及燃烧后控制因素有关^[16]。田贺忠等^[17]对生物质燃烧过程中排放的 NO_x 进行了估算,发现秸秆是 NO_x 排放的主要来源,其次为薪柴;陆炳等^[18]建立了 2007 年中国生物质燃烧清单,其中包含了氮氧化物,并对氮氧化物的排放因子作了研究;Zhu 等^[19]、Lee 等^[20]对机动车氮氧化物排放因子进行了相关研究,发现车辆运行状态对 NO_x 的排放具有一定的影响,不同车型 NO_x 排放系数为 23~33g/kg-燃料。煤在燃烧过程中氮氧化物的排放情况目前已有大量的研究成果,但是作为煤炭利用的一个重要途径,对原料煤利用过程中的污染物排放研究却相对较少,特别是关于煤化工行业 NO_x 排放系数的研究还鲜有报道。我国第一次污染源普查时曾对主要煤化工行业如甲醇、二甲醚、合成氨及尿素等行业中二氧化硫的排放系数进行了调查与核算,但却没有对氮氧化物进行核

算^[21]。目前针对原料煤氮氧化物排放系数的报道比较少,卢立栋等^[22]对陕西省煤化工行业中的兰炭、甲醇、合成氨等行业火炬气燃烧后的氮氧化物排放量进行了研究,发现火炬 NO_x 的浓度与燃烧温度及气体中 H₂ 的含量呈正相关,兰炭、甲醇、合成氨火炬气 NO_x 的排放系数分别为 0.08~0.176kg/t、0.125~0.226kg/t、0.409~0.717kg/t;梁俊宁等^[23]也对陕西某煤化工企业火炬气进行了模拟燃烧实验,发现火炬系统 NO_x 排放系数平均为 0.139kg/t,其排放浓度和排放量与液化气添加量和燃烧温度成正比关系。

陕西省某煤化工集团有限公司采用水煤浆加压气化技术生产甲醇、合成氨及其下游产品,主要产品为年产甲醇 60×10⁴t、二甲醚 11×10⁴t、合成氨 30×10⁴t、尿素 52×10⁴t,其产品涉及到了陕西省煤化工行业的几大主要类型。本文以该公司为研究对象,参照了一些其他领域的研究成果^[24-25],对煤化工行业原料煤利用过程中氮氧化物的排放量进行研究,并计算不同行业单位产品氮氧化物的排放系数。其目的旨在摸清原料煤利用过程中氮氧化物的排放情况、完善煤化工行业氮氧化物排放系数,为进一步做好氮氧化物污染源调查和统计提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本文研究对象以甘肃华亭煤为原料,其煤质测试分析结果如表 1 所示。

表 1 实验用煤煤质

Table 1 Coal property of experiment coals

全水分 Mt(%)	灰分 Aad(%)	挥发分 Vad(%)	含硫量 St,ad(%)	氢含量 Had(%)	炭含量 Cad(%)	氮含量 Nad(%)	干基高位发热量 Qgr,d(kcal/kg)	收到基低位发热量 Qnet,ar(kcal/kg)
11	19.68	29.68	0.34	3.46	56.7	0.52	5710	4680

1.2 数据来源

不同煤化工行业大气污染物排放的途径不同。甲醇、合成氨工艺过程污染物排放有 2 个途径,一是酸性气体经过硫回收装置后由焚烧炉燃烧处理并从烟囱外排,二是工艺废气通过火炬燃

烧放空排放;二甲醚工艺过程中产生的弛放气主要通过火炬燃烧放空;尿素工艺通过中压吸收塔和低压吸收塔烟囱外排。因此,针对不同的行业排放特点,其氮氧化物排放数据的来源不同,其中硫回收和尿素中、低压塔通过现场监测获得,火炬

排放通过模拟燃烧实验获得。

1.3 实验方法

1.3.1 现场监测 选择企业运行稳定、生产工况符合监测技术规范要求的时段进行连续监测,其中硫回收装置监测点位于焚烧炉后外排烟囱预留采样口;尿素工艺分别于中压塔和低压塔烟窗口直接监测.监测仪器使用英国凯恩公司生产的 KM9106 型综合烟气分析仪,测定压力 0.44~0.45hPa、环境温度 36.4℃.监测时间为 2012 年 6 月 12-13 日,连续监测 24h,每小时监测 6 次,每次连续监测 10min,取平均值.监测期间研究对象各生产工艺运行稳定、工况条件基本达到满负荷状态,虽然只有 2 天的监测和实验数据,但其实验条件和监测工况保持稳定,其结果基本可以代表企业正常生产条件下各工艺生产过程中氮氧化物的排放情况。

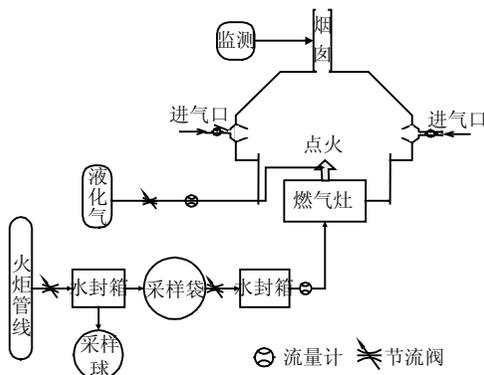


图 1 火炬气燃烧实验装置示意

Fig.1 The diagram of the simulated combustion device of the flare gas

1.3.2 模拟燃烧实验 对火炬系统氮氧化物排放量进行模拟燃烧实验,实验装置如图 1 所示.首先完成燃烧装置组装,将水封箱与火炬总管采样口连接通气 5~10min,排空水封箱上部的空气后,将采样袋与水封箱连接,收集火炬气体;将采样球和液化气分别接入燃烧装置进行燃烧实验,实验过程中保持火炬气和液化气流量的稳定喷入量,并在烟囱 2/3 处进行监测,测定烟气流量和 NO_x 排放浓度,最后进行分析和计算.燃烧实验火炬气体采集时选择企业正常生产条件下,各工艺

基本达到满负荷运行状态,火炬气体流量稳定,可真是反映企业实际情况,其结果亦能真实反映该企业正常生产条件下火炬系统氮氧化物的排放情况。

1.3.3 数据处理 实验所得数据均合理可用,数据使用软件 SPSS18.0 进行处理,并使用 SigmaPlot 10.0 软件绘图。

2 结果与讨论

2.1 不同煤化工行业 NO_x 排放量研究

2.1.1 甲醇 甲醇工艺废气排放点主要有 2 个途径,一是来自低温甲醇洗工艺过程中产生的酸性气体,经超级克劳斯硫回收工艺后进入焚烧炉燃烧后由烟囱外排,二是工艺过程中产生的工艺废气通过火炬燃烧后排入大气.其中硫回收工段的废气通过 40m 高的烟囱外排,其氮氧化物的排放量通过现场监测获得;火炬系统现场没有监测条件,通过自行设计的火炬气模拟燃烧实验装置进行燃烧实验,监测实验气量条件下的氮氧化物排放量,并根据实验时的火炬气流量计算实验期间火炬系统氮氧化物的排放量.实验期间火炬气体流量为 $219\text{m}^3/\text{h}$,燃烧实验火炬气流量为 $3.0\sim 4.0\text{m}^3/\text{h}$,根据实验监测结果,燃烧后产生的氮氧化物的浓度为 $7\sim 12\text{mg}/\text{m}^3$,其平均浓度为 $9.35\text{mg}/\text{m}^3$,其氮氧化物排放量为 $1.40\sim 2.63\text{g}/\text{h}$,平均为 $2.07\text{g}/\text{h}$,按照火炬气量进行换算,可计算出火炬系统氮氧化物的实际排放量为 $95.59\sim 167.85\text{g}/\text{h}$,平均排放量为 $137.28\text{g}/\text{h}$.硫回收装置氮氧化物总排放浓度为 $271\sim 304\text{mg}/\text{m}^3$,其平均浓度为 $287\text{mg}/\text{m}^3$,通过硫回收装置产生的氮氧化物排放量为 $57.60\sim 84.58\text{g}/\text{h}$,平均排放量为 $73.96\text{g}/\text{h}$.甲醇工艺过程中氮氧化物的排放量总体为 $150\sim 250\text{g}/\text{h}$,其平均排放量为 $200\text{g}/\text{h}$,并且火炬系统的排放量约是硫回收装置的 2 倍左右.甲醇行业硫回收装置及火炬系统氮氧化物排放量见图 2。

从图 2 可以看出,甲醇工艺过程中氮氧化物的排放量总体为 $150\sim 250\text{g}/\text{h}$,其平均排放量在 $200\text{g}/\text{h}$ 左右,其中火炬系统氮氧化物的排放量大于硫回收工艺,其排放量约是硫回收工艺的 2 倍。

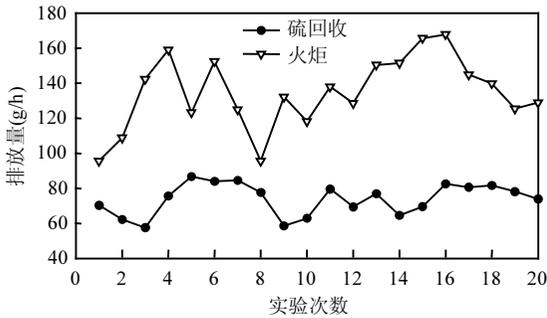


图2 甲醇工艺过程中 NO_x 排放量(n=20)

Fig.2 The nitrogen oxides emissions in the product process of methanol(n=20)

2.1.2 二甲醚 二甲醚工艺过程中产生的工艺废气主要通过火炬燃烧排放.本文研究对二甲醚火炬气排放同样进行了模拟燃烧实验.实验期间火炬气体排放量为 135m³/h,模拟燃烧实验火炬气量控制为 2.7~3.9m³/h,根据实验结果,燃烧后产生的氮氧化物的浓度在 5~9mg/m³ 之间,其平均浓度为 7mg/m³,其氮氧化物排放量为 0.63~1.27g/h,平均为 0.97g/h,按照火炬气量进行换算,可计算出火炬系统氮氧化物的实际排放量为 22.38~52.20g/h,平均排放量为 35.39g/h.具体结果见图 3.

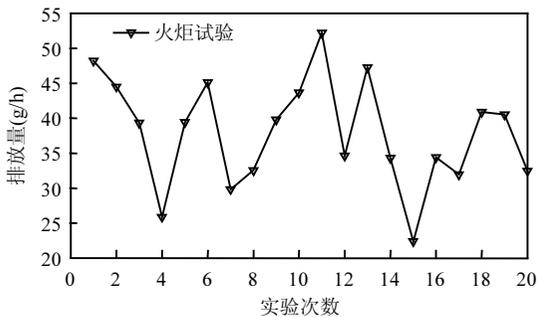


图3 二甲醚工艺过程中 NO_x 排放量(n=20)

Fig.3 The nitrogen oxides emissions in the product process of dimethyl ether(n=20)

由图 3 和图 4 可知,二甲醚行业火炬系统统氮氧化物排放量小于甲醇工艺,主要是由于其产业规模小于甲醇规模,根据调查结果,研究对象二甲醚规模为 11 万 t,甲醇是 60 万 t.因此,二甲醚工艺废气量明显小于甲醇,通过火炬燃烧后产生的

氮氧化物排放量也小于甲醇工艺.

2.1.3 合成氨 合成氨工艺过程中氮氧化物的排放方式同甲醇一样,分别由火炬和硫回收系统排放.对硫回收工艺废气在焚烧炉烟囱进行现场监测,对火炬气排放进行模拟燃烧实验分析.火炬燃烧实验期间火炬气流量为 227m³/h,燃烧实验火炬气流量控制在 3.0~3.9m³/h之间,根据实验监测结果,燃烧后产生的氮氧化物的浓度为 8~13mg/m³,平均为 10.1mg/m³,其氮氧化物排放量为 2.73~3.99g/h,平均为 3.34g/h,按照火炬气量进行换算,可计算出火炬系统氮氧化物的实际排放量为 182.04~262.58g/h,平均排放量为 223.20g/h.硫回收工艺废气中氮氧化物的排放量为 64.44~97.07g/h,平均值为 82.74g/h.实验及监测结果见图 4.

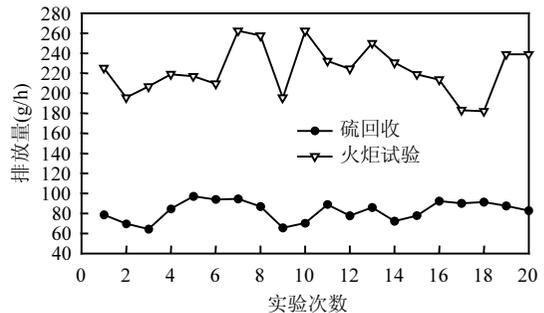


图4 合成氨工艺过程中 NO_x 排放量(n=20)

Fig.4 The nitrogen oxides emissions in the product process of synthetic ammonia (n=20)

从图 4 可以看出,合成氨行业硫回收工艺废气中氮氧化物的排放量明显小于火炬系统.并且由图 2 和图 4 比较可以看出,合成氨工艺与甲醇工艺过程中硫回收系统氮氧化物的排放量比较接近.

2.1.4 尿素 尿素工艺过程的氮氧化物主要通过中压吸收塔和低压吸收塔的烟囱排放,本次研究分别在中压塔和低压塔烟囱口进行监测.监测结果显示尿素工艺过程中会有少量的氮氧化物排放,其中压吸收塔排放浓度为 7~14mg/m³,氮氧化物排放量为 10.15~20.19g/h,平均 14.50g/h;低压吸收塔氮氧化物浓度范围为 43~59mg/m³,排放量为 3.55~6.56g/h,平均排放量为 5.39g/h.具体

结果如图 5 所示。

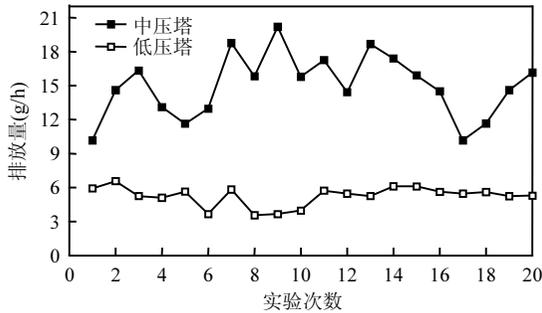


图 5 尿素工艺废气中 NO_x 排放量(n=20)

Fig.5 The nitrogen oxides emissions in the product process of urea (n=20)

从图 5 可以看出,尿素生产过程中,通过烟囱排放的氮氧化物的量非常小,其中中压吸收塔工艺过程中的排放量大于低压吸收塔,并且从图中可以看出,中压塔的排放量很不稳定,其波动范围比较大,而低压他的排放量在 5.3g/h 左右,其排放源强相对较稳定。

2.2 NO_x 排放系数核算

2.2.1 计算方法 研究煤化工行业中以煤为原料的企业生产过程中产生的氮氧化物排放量,并根据原料煤使用量或产品产量和氮氧化物排放量计算其排放系数.所谓污染物排放系数,是指在典型工况生产条件下,生产单位产品或使用单位原料所产生的污染物质经末端治理设施削减后的或直接排放到环境中的污染物质.本次核算以生产单位产品所排放到大气环境中的氮氧化物量计算,公式如 1:

$$R = \frac{Q}{q} \times \frac{v}{M} \quad (1)$$

式中:R 为氮氧化物排放系数,g/t;Q 为烟囱烟气/火炬气年流量,m³/a;q 为监测期间烟气/火炬气流量,m³/h; v 为 NO_x 污染物排放量,g/h;M 为产品产量或折算原料煤消耗量, t/a.

2.2.2 结果分析 通过模拟实验和现场监测结果,各煤化工行业主要参数及单位产品 NO_x 排放系数如表 2 所示。

表 2 煤化工行业主要参数及 NO_x 排放系数核算表(以产品计)

Table 2 The table of parameters and NO_x emission coefficient of coal industry(in product)

参数	产量 (10 ⁴ t/a)	原煤消耗量 (10 ⁴ t/a)	流量 (m ³ /h)	年流量 (10 ⁴ m ³ /a)	排放速率(g/h)		排放系数(g/t-产品)		
					范围	均值	范围	均值	
甲醇	硫回收 火炬	60	100	39600 219	38640 6789	57.6~84.58	73.96	0.94~1.38	1.20
						95.59~167.85	137.28	40.39~86.72	70.93
二甲醚	11	30	135	4132	22.38~52.20	35.39	62.27~145.25	98.47	
合成氨	硫回收 火炬	30	56	44300 227.4	26880 8326	64.44~97.07	82.74	1.30~1.96	1.67
						182.04~262.58	223.20	222.17~320.47	272.41
尿素	中压塔 低压塔	52	78	1450 102	1160 82	10.15~20.19	14.50	0.16~0.31	0.22
						3.55~6.56	5.39	0.05~0.10	0.08

由表 2 可知,甲醇行业氮氧化物的排放系数为 41.33~88.10g/t,平均为 72.13g/t,其中 98%以上来自于火炬系统;合成氨工艺氮氧化物的排放系数为 213.47~322.43g/t,其平均排放量为 224.08g/t,主要以火炬系统排放为主;二甲醚工艺氮氧化物排放系数为 62.27~145.25g/t,其平均排放量为 98.47g/t;每生产 1t 尿素,可向外界排放氮氧化物的量为 0.21~0.41g,平均 0.30g,其中 73%来自于中压塔。

文中甲醇、合成氨行业原料是原煤,二甲醚以甲醇为原料,尿素以合成氨为原料,在氮氧化物排放系数核算过程中,将二甲醚和尿素工艺中所需要的甲醇和合成氨分别折算成生产这部分原料的原煤消耗量,最终以消耗的原料煤核算的不同行业氮氧化物的排放系数,具体见表 3。

由表 3 可知,在以单位原料煤为计算基础时,甲醇行业氮氧化物的排放量系数为 30.18~52.86g/t,平均为 43.28g;合成氨行业单位原料氮

氧化物排放系数为 119.72~172.73g/t,其平均排放量为 145.93g;二甲醚行业中每消耗 1t 原料煤,可产生氮氧化物为 22.83~53.26g,平均 36.11g;尿素工艺过程中每消耗 1t 原料煤,可向外界排放氮氧化物的量为 0.14~0.28g,平均 0.21g。本次研究只针对一种煤质进行了实验,很难说明原料中氮含量与氮氧化物排放系数的关系。但根据近期我们所做的不同煤种锅炉大气污染物排放量研究结果可知,在使用不同煤质时,烟气中的氮氧化物与煤的氮含量呈一般正相关。因此,原料煤利用过程中氮氧化物的排放也与原料中的氮含量有着直接的关系,但具体结论仍需通过大量实验得出。

表 3 主要煤化工行业氮氧化物排放系数表(g/t-原料)

Table 3 The table of nitrogen oxides emission coefficient of coal industry(g/t-coal)

名称	工艺	规模	NO _x 排放系数	
			范围	均值
甲醇	水煤浆气化	所有规模	30.18~52.86	43.28
二甲醚	甲醇脱水制二甲醚	所有规模	22.83~53.26	36.11
合成氨	水煤浆加气压气化	所有规模	119.72~172.73	145.93
尿素	二氧化碳汽提法	所有规模	0.14~0.28	0.21

2.2.3 燃料煤与原料煤系数比较 根据全国第一次污染源普查结果,煤炭作为燃料利用过程中的氮氧化物的排放系数如表 4 所示。

表 4 不同煤种燃烧过程中氮氧化物排放系数(kg/t-原料)

Table 4 The nitrogen oxides emission coefficient of combustion process of different coals(kg/t-coal)

工艺名称	规模等级	原料名称			
		烟煤	褐煤	无烟煤	型煤
层燃炉	所有规模	2.94	2.94	2.70	0.50
抛煤机炉	所有规模	3.11	3.11		
循环流化床炉	所有规模	2.70		1.82	
煤粉炉	所有规模	4.72	4.72		
水煤浆炉	所有规模	2.72			

注:数据来源于《第一次全国污染源普查工业污染源产排放系数手册》核算结果

煤在作为燃料和原料利用时,煤的使用方法或工艺完全不同,因此其氮氧化物的排放系数也有很大的差别,而这本来没有可比性。但由于目前

关于原料煤利用过程中的氮氧化物排放系数研究较少,在实际进行污染源调查时大都以现有的燃烧系数进行核算,其结果往往偏大,不利于企业发展。因此,本文将二者的排放系数进行简单比较,旨在说明在实际调查中二者是不可混用的。由表 3 和表 4 可知,煤在作为燃料时氮氧化物的排放系数均在 2.70kg/t 以上(除型煤外),而原料煤在利用过程中,其最大排放系数是 0.17kg/t,来自合成氨工艺。由此可见,煤在作为原料利用时其氮氧化物的排放系数远小于燃烧过程,这就说明煤炭在作为原料时的大气污染物排放量要远远小于煤的燃烧过程,属于煤的清洁利用技术。在污染源调查统计时,由于缺乏原料煤排放系数,简单的以燃料煤的排放系数来计算原料煤利用过程中的大气污染物排放量是很不科学的,其计算结果远大于实际情况,对于煤化工行业的发展和大气污染物减排任务的完成造成严重的制约。本文初步对 4 种煤化工行业中氮氧化物的排放系数进行了核算,受实验条件和技术水平的限制,仍有需要改进的地方,因此有必要继续加强对煤化工行业中大气污染物排放系数的研究。

3 结论

3.1 甲醇工艺过程中氮氧化物的排放量总体为 153.19~252.43g/h,其平均排放量为 211.24g/h;二甲醚工艺过程中氮氧化物的排放量为 22.38~52.20g/h,平均排放量为 35.39g/h;合成氨氮氧化物排放量为 246.48~359.65g/h,平均为 305.94g/h;尿素工艺过程的氮氧化物排放量为 13.70~26.75g/h,平均 19.89g/h。

3.2 以吨产品核算氮氧化物排放系数,甲醇行业排放系数为 41.33~88.10g/t,平均为 72.13g/t;二甲醚工艺排放系数为 62.27~145.25g/t,平均 98.47g/t;合成氨工艺排放系数为 213.47~322.43g/t,平均为 224.08g/t;尿素行业排放系数为 0.21~0.41g/t,平均 0.30g/t。

3.3 以单位原料煤核算氮氧化物排放系数,甲醇行业为 30.18~52.86g/t,平均 43.28g/t;二甲醚行业为 22.83~53.26g/t,平均 36.11g/t;合成氨行业为 119.72~172.73g/t,平均 145.93g/t;尿素工艺为

0.14~0.28g/t,平均 0.21g/t.

3.4 煤在作为原料利用时其氮氧化物的排放系数远远小于煤的燃烧过程.因此,不能简单的将原料煤利用过程中氮氧化物的排放量按照燃料煤的系数进行计算,其结果往往会偏大.因此,为了更加准确的核算煤化工行业大气污染物的排放量,就必须对其主要污染物的排放系数进行研究和确定.

参考文献:

- [1] 孙 钰.落实科学发展观,提升环保质量 [J]. 环境保护, 2011,4:33-35.
- [2] 张楚莹,王书肖,邢 佳,等.中国能源相关的氮氧化物排放现状与发展趋势分析 [J]. 环境科学学报, 2008,28(12):2470-2479.
- [3] 王 鑫,傅德黔,努丽亚.NO_x 排放统计方法综述 [J]. 中国环境监测, 2008,24(4):57-60.
- [4] 高晋生,鲁 军,王 杰.煤化工过程中的污染与控制 [M]. 北京:化学工业出版社, 2010:46-60.
- [5] 郝吉明,马广大.大气污染控制工程(第二版) [M]. 北京:高等教育出版社, 2002:356-365.
- [6] 吴碧君.燃烧过程中氮氧化物的生成机理 [J]. 电力环境保护, 2003,19(4):9-12.
- [7] Ma Shuang chen. Simulation on SO₂ and NO_x Emission from Coal-Fired Power Plants in North-Eastern North America [J]. Energy and Power Engineering, 2010,2:190-195.
- [8] Joshua Schmitt, Daniel B Olsen. Control of an industrial SCR catalyst using ceramic NO_x sensors [J]. Energy and Power Engineering, 2011,3:317-324.
- [9] Lonsdale C R, Stevens R G, Brock C A, et al. The effect of coal-fired power-plant SO₂ and NO_x control technologies on aerosol nucleation in the source plumes [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2012,12:11519-11531.
- [10] 田贺忠,郝吉明,陆永琪,等.中国氮氧化物排放清单及分布特征 [J]. 中国环境科学, 2001,21(6):493-497.
- [11] 孙庆贺,陆永琪,傅立新,等.我国氮氧化物排放因子的修正和排放量计算-2000 年 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2004,5(2):90-94.
- [12] 王明星,廖昌建.化石燃料燃烧过程中氮氧化物排放量的评估 [J]. 当代化工, 2011,40(3):304-306.
- [13] Smrekar J, Potocnik b P, Senegacnik A. Multi-step-ahead prediction of NO_x emissions for a coal-based boiler [J]. Applied Energy, 2013,106:89-99.
- [14] 李新艳,李恒鹏.中国大气 NH₃ 和 NO_x 排放的时空分布特征 [J]. 中国环境科学, 2012,32(1):37-42.
- [15] 孟志浩,俞保云.燃煤锅炉烟气量及 NO_x 排放量计算方法的探讨 [J]. 环境污染与防治, 2009,31(11):107-109.
- [16] 姚芝茂,武雪芳,王宗爽,等.工业锅炉大气污染物产生与排放系数影响因子分析 [C]//中国环境科学学会学术年会优秀论文集(2008),北京:中国环境科学出版社, 2008: 589-595.
- [17] 田贺忠,郝吉明,陆永琪,等.中国生物质燃烧排放 SO₂、NO_x 量的估算 [J]. 环境科学学报, 2002,22(2):204-208.
- [18] 陆 炳,孔少飞,韩 斌,等.2007 年中国大陆地区生物质燃烧排放污染物清单 [J]. 中国环境科学, 2011,31(2):186-194.
- [19] Zhu Dongzi, Nussbaum Nicholas J, Kuhns Hampden D, et al. Real-world PM, NO_x, CO, and ultrafine particle emission factors for military non-road heavy duty diesel vehicles [J]. Atmospheric Environment, 2011,45:2603-2609.
- [20] Lee Taewoo, Park Junhong, Kwon Sangil, et al. Variability in operation-based NO_x emission factors with different test routes, and its effects on the real-driving emissions of light diesel vehicles [J]. Science of the Total Environment, 2013,461-462: 377-385.
- [21] 第一次全国污染源普查资料编纂委员会.第一次全国污染源普查工业污染源产排放系数手册(第五分册) [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2011:53-78.
- [22] 卢立栋,梁俊宁,李媛媛,等.工业火炬气 NO_x 排放的模拟实验 [J]. 化工环保, 2013,33(6):494-497.
- [23] 梁俊宁,卢立栋,宋丽娜,等.煤化工企业火炬 NO_x 排放的模拟燃烧实验 [J]. 环境工程学报, 2014,8(1):285-289.
- [24] 林秀丽.中国机动车污染物排放系数研究 [J]. 环境科学与管理, 2009,34(6):29-33,57.
- [25] 邓顺熙,陈 洁,李百川.中国城市道路机动车 CO、HCs 和 NO_x 排放因子的测定 [J]. 中国环境科学, 2000,20(1):82-85.

作者简介: 梁俊宁(1979-),男,陕西耀县人,工程师,硕士,主要从事大气污染控制研究.发表论文 10 余篇.