

# 关于对垃圾焚烧谈“烟”色变的正确认知

## Correct understanding of waste incineration in these smoke-averse times

■文/贾延明 赵伟斌 赵树明 汪应伟 张伟

在中国,随着经济发展、城市规模扩大和人口增多,城市生活垃圾的产生量不断增加。据北京市环保局发布的数据显示,2016年北京市生活垃圾清运量为872万吨,平均每天产生2.38万吨(图1)。传统的填埋处理方式占地面积大,易造成地下水污染等二次环境问题,已难以适应日益严格的环保要求和广大民众对美好生活的更高期望。而垃圾焚烧是填埋的一种有效替代方式,具有一系列处理优势,将成为垃圾处理的一种趋势。在2016年10月中国住建部等四部委发布的《住房城乡建设部等部门关于进一步加强城市生活垃圾焚烧处理工作的意见》(建城[2016]227号)中就指出,“生活垃圾焚烧处理技术具有占地较省、减量效果明显、余热可以利用等特点,在发达国家和地区得到广泛应用,在中国也有近30年的应用历史。目前,垃圾焚烧处理技术装备日趋成熟,产业链条、骨

干企业和建设运行管理模式逐步形成,已成为城市生活垃圾处理的重要方式”。根据《北京市“十三五”时期环境卫生事业发展规划》,至2020年,北京市生活垃圾焚烧和生化处理总能力将达到3万吨/天。未来北京市生活垃圾的主要处理方式将由填埋逐步完全转变为焚烧发电。

提起垃圾焚烧,公众最关心的还是烟气排放的问题。那么垃圾焚烧产生烟气的主要成分到底有哪些,通过烟气净化工艺处理后能否做到达标排放?

垃圾焚烧原始烟气的主要成分是 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 四种无害物质,约占烟气容积的99%,有害物质仅占到1%左右,主要包括颗粒物、酸性气体(包括 $HCl$ 、 $SO_x$ 、 $NO_x$ 等)、重金属以及残余有机物等,这部分有害物质可以通用烟气净化设施有效除去。以北京首钢鲁家山垃圾焚烧发电厂为例,其烟气净化系统设计采用“SNCR+旋转雾化半干法脱酸+干法脱酸+活性炭吸附+布袋除尘+SCR”的组合工艺,代表着中国当前大型垃圾焚烧发电厂烟气净化系统的主流工艺(图2)。

对于颗粒物,烟气在通过布袋除尘器滤料时将被截留下来,即布袋除尘。实际生产过程中尾部烟气中的颗粒物含量在 $5mg/m^3$ 左右。

对于 $HCl$ 、 $SO_2$ 等酸性气体,主要在脱酸塔内去除,即旋转雾化半干法脱酸。石灰浆液旋转雾化器在雾化盘

图1 2012-2016年北京市生活垃圾日产量

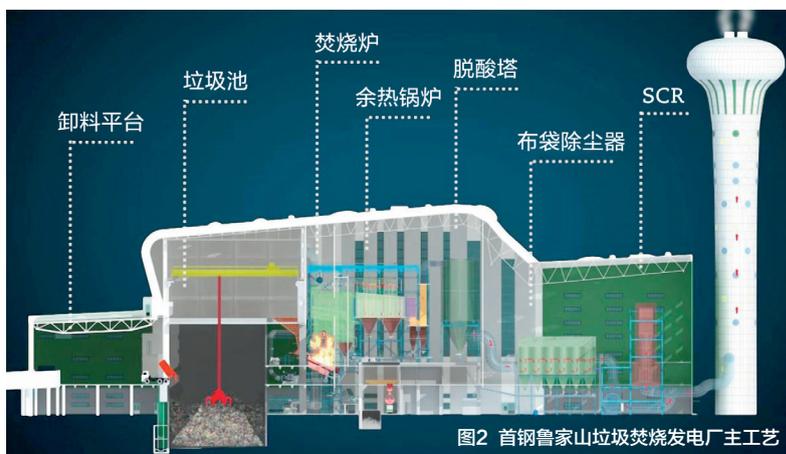
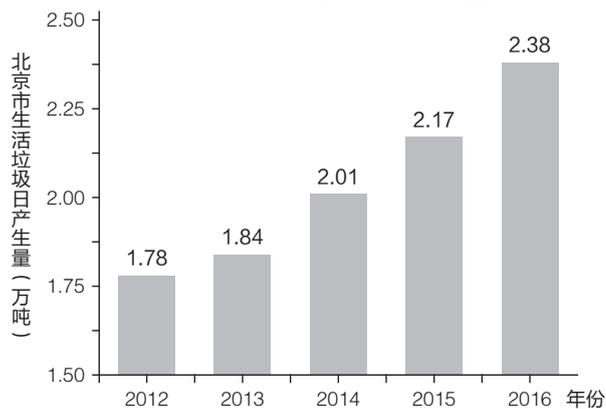


图2 首钢鲁家山垃圾焚烧发电厂主工艺

污染物名称	单位	国标GB 18485-2014		地标DB11/502-2008	欧盟2000/76/EU		生物质公司内部标准
		日均值	小时均值	任意一个小时内	日均值	半小时均值	小时均值
烟尘	mg/Nm <sup>3</sup>	20	30	30	10	30	20
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	50	60	60	10	60	50
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	80	100	200	50	200	80
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	250	300	250	200	400	250
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	80	100	55	50	100	55
不透光率	%			10			10
二恶英类	ngTEQ/Nm <sup>3</sup>	0.1		0.1	0.1		0.1

表1 垃圾发电厂烟气主要污染物排放标准

的高速转动下,形成“雾气”与进入脱酸塔内的烟气逆向接触,发生充分的酸碱中和反应,脱除效率可达90%以上。同时在脱酸塔与布袋除尘器中间烟道内喷射消石灰和碳酸氢钠干粉,即干法脱酸。消石灰和碳酸氢钠会在除尘器布袋表面形成碱性物质层,中和烟气中的酸性物质,以确保酸性气体的进一步消除。

对于NO<sub>x</sub>气体,在垃圾焚烧炉内喷入雾化的尿素溶液,即SNCR工艺。尿素在高温下热解产生氨气,可与NO<sub>x</sub>发生氧化还原反应生成N<sub>2</sub>,达到脱硝的目的。已经脱硝处理的烟气在通过SCR反应器时,在催化剂的作用下,剩余的NO<sub>x</sub>气体与喷入的氨气继续反应,进一步降低NO<sub>x</sub>浓度。经SCR脱硝后的烟气NO<sub>x</sub>浓度可达100mg/m<sup>3</sup>以下。

对于重金属,可通过活性炭吸附去除。活性炭具有比表面积大、吸附能力强的特点,垃圾发电厂会在布袋除尘器前的烟道内喷入活性炭,可有效吸附烟气中的重金属、二恶英等成分。

对于残余有机物,公众最关注的是二恶英的排放问题。二恶英是含有2个或1个氧键连结2个苯环的含氯有机化合物的统称。二恶英共包含210种异构体化合物,只有17种异构体是有毒的。垃圾发电厂要求余热锅炉前炉膛内的烟气温度不低于850℃,烟气在炉膛内850℃以上区域停留时间不小于2秒,研究及工程实践表明在上述条件下,烟气中的二恶英经过炉膛有99%以上会分解成无害物质,而实际生产中炉膛温度一般控制在1100℃左右,远高于以上要求。工艺上通过缩短烟气在300-500℃温度区域的停留时间,控制余热锅炉的排烟温度不超过250℃,以防止二恶英的再次合成。此外在烟道内喷入活性炭,可吸附捕集残留的二恶英,烟气在通过SCR反应器时,催化剂可进一步催化分解烟气中的二恶英。中国对垃圾发电厂二恶英的排放限值为0.1ngTEQ/m<sup>3</sup>,这也是目前世界上最严格的标准。北京鲁家山垃圾焚烧发电厂通过以上烟气工艺的处理其烟气排放达到中国国家和北京市标准,并严于欧盟标准(见表1)。自运营以来,先后接待国内外各界人士近两万人参观。

那么,在这样严格的烟气排放标准下,垃圾发电厂对周边环境影响到有多大?以二恶英为例,曾有人做过这样一组计算。垃圾发电厂烟囱出口处二恶英浓度为0.1ngTEQ/m<sup>3</sup>,有一人站在距离烟囱300米的地面位置,假设排放

出的二恶英没有在上空飘走,而是通过分子运动均匀地分散在了一个半径为300米的“球形空气范围”内,那么这个“球形空气范围”的体积为1.13亿立方米,相当于1立方米的体积至少被稀释了1.13亿倍,相应地二恶英的浓度也由0.1ngTEQ/m<sup>3</sup>稀释为0.00000000088ngTEQ/m<sup>3</sup>。假如一个人一天呼吸20m<sup>3</sup>的空气,那么这个距离烟囱300米的人每天通过空气接触的二恶英的量为0.0000000176ng,即0.0000176pg。这是一个什么概念呢?美国国家环保局规定人体摄取二恶英每日最高允许量为0.01pg/kg体重,即1个65kg体重的人每日最大摄取0.65pg。而每天吸一盒香烟,二恶英的吸入量为0.72pg,即使是吸二手烟,吸入量也达0.5pg左右。

中国规定垃圾发电厂的选址应与周边居民区、医院、学校等公共设施之间留有不小于300米的环境安全距离,但这种要求在欧美日等发达国家是没有的,正是因为垃圾焚烧发电厂排放的烟气是“绿色”的。事实上国内许多垃圾发电厂已经建在山郊,造成交通资源、处理成本的极大浪费。

中国垃圾焚烧发电产业联盟秘书长郭云高提出,“焚烧”是现代文明的产物。作为垃圾焚烧发电企业,要以自身的担当、实践,促进垃圾焚烧“邻避效应”这一行业难题的早日破冰,构建和谐邻里关系,共享经济社会发展的成果。

作者单位:首钢环境产业有限公司