

二恶英的毒性分析和控制措施

张 益

上海市环境工程设计科学研究院

1 前 言

二恶英对环境的污染和对人类的危害是近几年来世界各国所普遍关心的问题,生活垃圾焚烧厂的烟气中因含有二恶英,所以对它的控制和排放也倍受世人关注。自1999年5月比利时发生因动物饲料引起的食品二恶英污染事件后,二恶英更是成为全球议论的热点,在我国也是家喻户晓,可谓闻毒色变。目前上海市浦东御桥和浦西江桥两座大型生活垃圾焚烧厂正在建设之中,所以,开展生活垃圾焚烧厂烟气中二恶英的毒性分析,研究其产生机理和控制措施,比以往任何时候都显得重要,并具有现实意义。

2 二恶英的结构和特性

二恶英的英文名称为 Poly Chlorinated Dibenzo - P - Dioxins,通常缩写为 PCDDs。简单地说 PCDDs 是两个苯核与两个氧原子结合,而苯核中的一部分氢原子被氯原子取代后所产生,根据氯原子的数量和位置而异,共有 75 种物质,其中毒性最大的为 2,3,7,8——四氯二苯并二恶英 TCDDs(2,3,7,8——TCDDs),计有 22 种;另外,和 PCDDs 一起产生的二苯呋喃 PCDFs,共有 135 种物质。通常将上述两类物质统称为二恶英,所以二恶英不是一种物质,而是多达 210 种有机氯化化合物的统称。

二恶英在标准状态下呈固态,熔点约为 300℃。二恶英极难解溶于水,但很易溶解于脂肪。二恶英在 700℃ 以上时相当稳定,高于此温度即开始分解。另外,二恶英的蒸汽压很低,在一般环境温度下不易从表面挥发,这些特性决定了二恶英在环境中的基本去向。

3 二恶英的毒性和评价

生物化学研究认为,二恶英具有类似人体激素的作用,称为“环境激素”,是一种对人体非常有害的物质。二恶英对人体的污染主要通过食物链,几乎所有的人均由于食物而受到二恶英污染。借助高灵敏度的仪器,在正常人体中可测得一定量的二恶英,只是含量非常低,一般血清中其质量分数的数量级

为 10^{-12} 。到目前为止,人类对二恶英中毒并没有针对性的解毒药物。另外,二恶英在人体中的半衰期可达 10 年左右,目前也没有促进二恶英排泄的有效手段。

二恶英可以通过细胞膜进入细胞内,调节机体的生长和自我调节过程。任何一个二恶英类分子能与细胞内的特殊蛋白受体结合成复合物,这一复合物能进入细胞核,作用于 DNA,影响和危害人体的细胞分裂、组织再生、生长发育、神经系统、新陈代谢和免疫功能等。

据报导,二恶英是目前发现的无意识合成的副产品中毒性最强的化合物,它的毒性相当于氰化钾(KCN)的 1000 倍以上,只要 1 盎斯(28.35 克)二恶英,就能将 100 万人置于死地。研究表明,即使在很微量的情况下,人体长期摄取时便可引起癌症等顽症,国际癌症研究中心已将它列为人类一级致癌物。此外二恶英对人体还会引起皮肤痤疮、头痛、失聪、忧郁、失眠、新生儿畸形等症,并可能具有长期效应,如导致染色体损伤、心力衰竭、内分泌失调等。

4 二恶英的产生和排放

4.1 二恶英和垃圾焚烧厂

现在有不少人认为,二恶英是生活垃圾焚烧厂特有的公害问题,这是一种偏面的认识,其实二恶英是有机物与氯一起加热就会产生的化合物,只要使用水的场所都有可能产生二恶英,它是一种普遍的化学现象。二恶英在空气、土壤、水和食物中都能发现,火山爆发及森林火灾是自然界中二恶英的主要来源。另外,除草剂、发电厂、木材燃烧、造纸业、水泥业、金属冶炼、纸浆加氯漂白及垃圾焚烧处理均会释放出二恶英。据有关报道,人体从生活垃圾焚烧厂排放烟气中接触二恶英的机率要比从其它途径(如食物、空气等)接触二恶英的机率小。到目前为止,世界各国曾经发生过的二恶英污染事件几乎都与生活垃圾焚烧厂的烟气排放无关。但这并不是说在生活垃圾焚烧厂的设计和运行时就可以不重视二恶英了,实际上从生活垃圾焚烧厂排放出来的二恶英往往占

各国二恶英排放总量的相当大的比重。综合有关资料,在采用焚烧方法处理生活垃圾比例较高的国家中,由生活垃圾焚烧厂排放出来的二恶英约占该国二恶英排放总量的20%~40%,平均达到1/3以上(见表),绝对是污染大户。这就是世界各国对生活

世界范围内二恶英的主要来源统计表

来 源	排放量(kg-TEQ/a)	波动范围
城 市 垃 圾 焚 烧	1130	680~1580
粘合剂及危险废物焚烧	680	400~900
金 属 生 产	350	210~490
粘合剂(非燃危险品)	320	190~450
医 院 垃 圾 焚 烧	84	49~119
铜再生循环利用	78	47~109
含 铅 汽 油 燃 烧	11	6~16
不 含 铅 汽 油 燃 烧	1	0.6~1.4
总 计	3000	2400~3600

资料来源:Brzuzny and Hites, 1996a.

垃圾焚烧厂排放出来的二恶英予以极大关注的原因所在。也充分说明了在建设生活垃圾焚烧厂或者在生活垃圾焚烧厂的运行管理中,要严格控制二恶英产生及排放的重要性和必要性。

4.2 垃圾焚烧厂中二恶英的生成途径

生活垃圾在焚烧过程中,二恶英的生成机理相当复杂,迄今为止国内外的研究成果还不能完全说明问题,已知的生成途径大致有:

4.2.1 生活垃圾中本身含有微量的二恶英,由于二恶英具有热稳定性,尽管大部分在高温燃烧时得以分解,但仍会有一部分在燃烧以后排放出来;

4.2.2 在燃烧过程中由含氯前体物生成二恶英,前体物包括聚氯乙烯、氯代苯、五氯苯酚等,在燃烧中前体物分子通过重排、自由基缩合、脱氯或其他分子反应等过程会生成二恶英,这部分二恶英在高温燃烧条件下大部分也会被分解;

4.2.3 当因燃烧不充分而在烟气中产生过多的未燃烬物质,并遇适量的触媒物质(主要为重金属,特别是铜等)及300~500℃的温度环境,那么在高温燃烧中已经分解的二恶英将会重新生成。

5 垃圾焚烧厂中二恶英的控制措施

国内外的研究和实践均表明,减少生活垃圾焚烧厂烟气中二恶英浓度的主要方法是采取有效措施控制二恶英的生成。这些控制措施主要有:

5.1 选用合适的炉膛和炉排结构,使垃圾在焚烧

炉得以充分燃烧,而衡量垃圾是否充分燃烧的重要指标之一是烟气中CO的浓度,CO的浓度越低说明燃烧越充分,烟气中CO浓度比较理想的指标是低于60mg/Nm³。

5.2 控制炉膛及二次燃烧室内,或在进入余热锅炉前烟道内的烟气温度不低于850℃,烟气在炉膛及二次燃烧室内的停留时间不少于2s,O₂浓度不少于6%,并合理控制助燃空气的风量、温度和注入位置,也称“三T”控制法;

5.3 缩短烟气在处理和排放过程中处于300~500℃温度域的时间,控制余热锅炉的排烟温度不超过250℃左右;

5.4 选用新型袋式除尘器,控制除尘器入口处的烟气温度低于200℃,并在进入袋式除尘器的烟道上设置活性炭等反应剂的喷射装置,进一步吸附二恶英;

5.5 在生活垃圾焚烧厂中设置先进、完善和可靠的全套自动控制系统,使垃圾焚烧和烟气净化工艺得以良好执行;

5.6 通过分类收集或预分拣控制生活垃圾中氯和重金属含量高的物质进入垃圾焚烧厂。

目前发达国家对生活垃圾焚烧厂烟气中二恶英的排放标准一般控制为0.1ng-TEQ/Nm³,我国最新颁布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》中,对生活垃圾焚烧厂烟气中二恶英的排放标准控制为1.0ng-TEQ/Nm³。

6 结 语

综上所述,生活垃圾焚烧厂烟气中的二恶英是客观存在的,但对此产生盲目的恐慌则是完全没有必要的。由于浦东御桥和浦西江桥生活垃圾均采用国外的先进技术和设备,并按欧洲的现行标准进行设计(有外商担保),只要生活垃圾在焚烧炉中能达到完全燃烧,保证烟气在较高的燃烧温度下有较长的停留时间,并在烟气的排放过程中尽量避开300~500℃温度域,加上喷射活性炭、设置袋式除尘器等辅助措施配合,生活垃圾焚烧厂中二恶英的排放浓度是可以有效控制的,应该可以达到这两个厂预定的二恶英排放指标:0.1ng-TEQ/Nm³,即达到目前国际先进的二恶英排放指标。

(收稿日期:2000 04 25)