

二恶英排放限值改为 0.01ng/m³ 又如何，环境质量还是会超标

原创：无毒先锋 天下无焚 2018-07-16

欧盟生活垃圾焚烧烟气二恶英的排放限值为 0.1 ng TEQ/Nm³（稳定工况），而很多成员国会要求焚烧企业采用最佳可行技术使得二恶英的排放能达到 0.01 ng TEQ/Nm³ 的水平。位于荷兰西北部的瓦登海附近的海港小城哈灵根（Harlingen）的垃圾焚烧厂即是如此。



图 1：海边的哈灵根垃圾焚烧厂

那么，达到 0.01 ng TEQ/Nm³ 的水平，焚烧厂排放的二恶英就对周边居民的健康没有影响了吗？带着这样的疑问，哈灵根焚烧厂附近的居民资助了当地一家名为 ToxicoWatch Foundation 的公益组织帮助他们对此进行研究（荷兰政府也资助了该项目）。

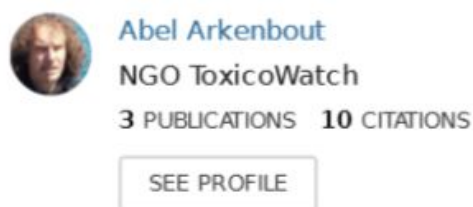


图 2：两位作者

ToxicoWatch Foundation 的 CEO、毒理学家阿肯保（A Arkenbout）联合了 KHE 咨询公司的伊斯本森（K H Esbensen）教授等人，通过对该焚烧厂周边环境中的散养鸡蛋、草以及焚烧厂烟气中的二恶英（PCDD/Fs）和类二恶英多氯联苯（dl-PCBs）进行采样和分析，发现：即使垃圾焚烧厂烟气二恶英排放水平为 0.01ng TEQ/Nm³，周边环境还是不安全的。

该研究报告收录于《第八届世界采样与混样会议论文集》(2017年5月) (*Eighth World Conference on Sampling and Blending*/PERTH, WA, 9-11 MAY2017) 中。我们来看看详细的研究结果。

散养鸡蛋

在农村和农业区，散养鸡蛋是普遍采用的一种与空气污染物排放监测相关的区域生物累积样本类型。因为，

1. 散养鸡通常是以蠕虫、蜗牛、昆虫、植物、腐殖质和土壤颗粒等为食，而这些被鸡食用的生物物质或非生物物质都含有二恶英类物质。
2. 二恶英进入鸡的体内后，由于是亲脂性的，不会像尿或粪便中的亲水物质那样被代谢出来，而会储存在脂肪组织中。
3. 产蛋的过程就是排毒的过程。
4. 散养鸡蛋的蛋黄比笼养鸡蛋的蛋黄含有更多种类的脂肪酸。



图 3：散养鸡与散养鸡蛋

研究人员在该焚烧厂附近的三个村庄 (Midlum, Wijnaldum和Kimsword) 采集了 15 个散养鸡蛋复合样品 (1 个复合样品中有 10 只鸡蛋)，采用了一种名为 DR CALUX[®] (生物快速筛检法，利用活化多

环芳香烃受体 (AhR) 并启动冷光报导基因的表现来检测二恶英类化合物) 的方法来检测鸡蛋的二恶英浓度。

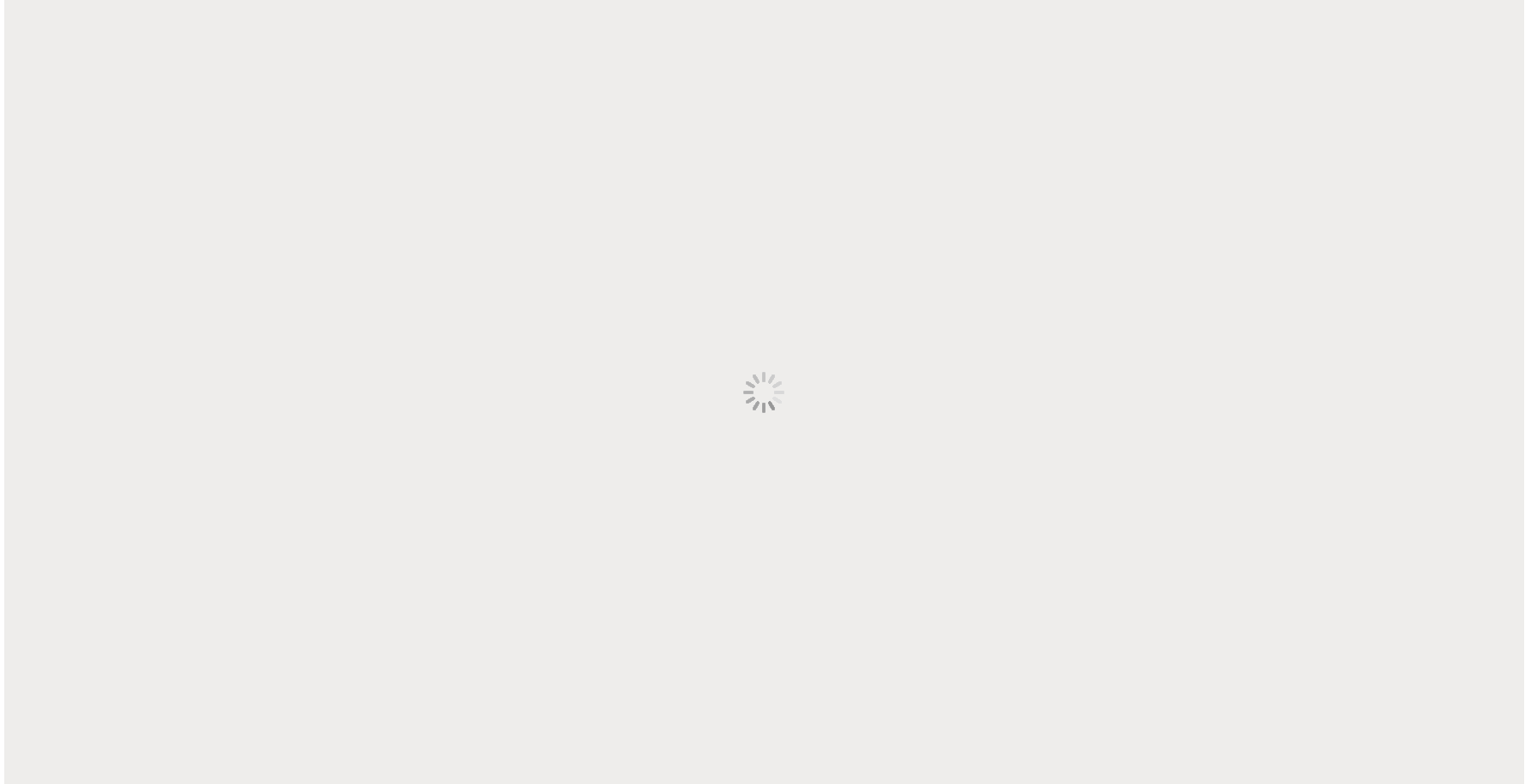


图 4: 散养鸡蛋二恶英生物分析当量结果 (有 1 个黑点的是用化学分析法验证了的)

上图是散养鸡蛋复合样品的生物分析结果。该测试结果用生物分析当量 (bioanalytical equivalents) (BEQ) 来反映毒性当量 (TEQ) 的水平 (EU 709/2014) 。

实验结果呈现出焚烧厂周边高度系统化的二恶英污染分布模式。在哈灵根地区, 焚烧厂半径 2 公里内 (n = 11) 的所有样品均高于 DR CALUX[®] 筛查设定的行动限值 1.7 pg BEQ/g 脂质二恶英和限值 3.3 pg BEQ/g 脂质。研究人员又用化学方法分析了一遍, 结果有 8 个点的化学分析结果验证了其生物分析结果。化学分析法确认了散养鸡蛋的二恶英含量高于限值; 并且, 离焚烧厂越近, 二恶英和类二恶英多氯联苯的水平越高。



图 5：鸡蛋二恶英超标的散养鸡

草



下图是2014年和2015年的草样采样点和焚烧厂（蓝色箭头处）的相对位置图。研究人员都是在3月份采的草样，因为这时候一来刚过了一个累积条件最佳的冬天，二来又避免了放牧和修剪的影响。



图 6：2014年和2015年，哈灵根焚烧厂附近的草样二恶英累积浓度

2014年在焚烧厂附近的草样中测得的二恶英沉积量较高，达到了 1.2pgTEQ/ g。

2015年，67% 的草样二恶英含量超过了欧盟规定的牛饲料二恶英的最高限值（0.75 pg TEQ/g）。

焚烧厂附近的草样二恶英浓度是参照点（距离焚烧厂1.5-11km）的 2-4 倍，参照点没有一个超过 0.75pgTEQ/g.。

2015年12月，与参照点相比，焚烧厂附近所有草样的二恶英浓度都升高了 3 倍。这个浓度太高了，因为这些草样才生长了 6 周（从10月28日起）。10月份出了一次巨大的二恶英排放事故，但是大多数都被东北风吹到了瓦登海上去了。

很明显，哈灵根焚烧厂是所发现的草的二恶英沉积最可能的来源。

烟气

荷兰政府为计算焚烧厂年度二恶英排放量，规定了焚烧厂一年测 2 次二恶英，一次采样 6 小时。这 12 个小时占焚烧厂年运行时间的比例仅为 0.1%。

有研究表明焚烧厂启停炉时的二恶英的排放量很高，因此任何短期监测的结果只有在预设的稳定状态下才具有代表性，却不能代表启停炉阶段的排放情况。

下图显示了根据规定进行的短期抽样结果（4 年内 8 次，每次 6 小时）。很明显，这种短期采样方法得出的结果并没有表现出一致的模式，因为很多关键的同系物都在检测限以下。即使焚烧条件很好（高热值的垃圾，无沼液），焚烧厂也不能产生一致的短期二恶英采样结果。



图 7：短期采样二恶英分析结果（2012年3月- 2015年3月）

相比之下，8 个连续采样（650-692小时）的样品其二恶英和类二恶英多氯联苯的指纹一致得多（图 8）。并且，结果还显示类二恶英多氯联苯对总毒性当量影响较大。长期采样给出的排放情景比短期抽样更接近实际情况，并可以提供更加真实的关于燃烧过程、非正常工况和启停炉状况下烟气净化装置的运行状况的信息。长期采样法是真正能够达到《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》中所要求的——减少或最小化二恶英的排放至零排放。



图8：长期采样二恶英分析结果（2015年8月- 2016年3月）

一次故障，几小时内排放的二恶英毒性当量就能超过二恶英年度允许排放总量的 2 倍，或者达到了正常运行工况下排放浓度的 1000 倍。而焚烧故障时的高排放却并没有纳入到官方的短期监测中来。并且焚烧炉运行出现故障并不需要报备，这就使得二恶英排放的披露有了一个巨大的漏洞。

2015年10月，28 天（672小时）的连续采样发现，一系列的事故导致了二恶英浓度达到了 0.17 ng-TEQ/Nm^3 ，超过了欧盟通用标准 0.1 ngTEQ/Nm^3 ，是地方许可标准（ 0.01 ng TEQ/Nm^3 ）的 17 倍。

生物标记物指纹

二恶英“指纹识别”是一种通过分析 17 种二恶英的同系物的分布来判断二恶英来源的方法。如果某地环境中被选定的生物标记物（如本研究中的鸡蛋和草）的二恶英指纹与附近某排放源的二恶英指纹相似，那么很可能这个这些生物标记物中的二恶英就来自这个排放源。

下图表明，焚烧厂周围 2 公里半径内收集的鸡蛋的二恶英指纹($n = 6$)，半径 1 公里内采集的草样($n=12$)二恶英指纹和焚烧厂烟气样品 ($n = 15$)二恶英指纹是匹配的。



图 9：散养鸡蛋、草和从哈林根焚烧厂排放的烟气的二恶英的同系物分布

其他持久性有机污染物

研究人员发现，哈灵根焚烧厂的烟道气中的类二恶英多氯联苯（dlPCBs）占二恶英和类二恶英多氯联苯总浓度中的百分比高达 33%。即使在正常条件下（n=15），哈灵根焚烧厂也可产生 10%-15% TEQ 的多氯联苯（PCB）。而在文献中（Weber等，2014），类二恶英多氯联苯在烟气总毒性当量中的贡献仅为 3%。

研究人员分析较高浓度的多氯联苯可能是由于燃烧温度过低、垃圾燃烧不完全、燃烧区停留时间短、或者由于垃圾过载导致的燃烧不均匀所造成的。相对高百分比的类二恶英多氯联苯的发现可能表明，焚烧炉的有效燃烧温度达不到 850°C/1100°C 持续 2 秒钟的要求。

DR CALUX[®] 这种生物分析方法还检测出了其他持久性有机污染物（POPs）的影响。在一些研究报告中，用 DR CALUX[®] 方法测出的结果明显比化学分析方法的高得多。因为化学分析只能确定和量化单一的二恶英化合物，而 DR CALUX[®] 还能测出对毒性当量有影响的类二恶英化合物例如多氯联苯、溴化和氟化化合物这些其他持久性有机污染物。

由于PBDD/F前体(多溴二苯醚和其他溴化芳香化合物)的数量不断增加，而阻燃性废物的热处理(焚化)也越来越多，这些持久性有机污染物对总的二恶英毒性有了相当的影响。

研究人员的建议

研究人员指出，无论是逻辑上、科学上还是焚烧厂的表现上来说，当前的污染物排放监测方案必须被废除，应采用更全面的监测方案——要么是一个长得多的连续采样方案，要么是一个合适的时域复合采样方案，或者两者都有，这样的话更多细节能够得以呈现。

研究人员还指出，当前的持久性有机污染物的管理需要修订，应将多氯联苯、溴代或混合卤代二恶英纳入排放标准中，并且在制定法规的时候，应考虑对食品、污水污泥、土壤或焚烧炉的烟气中的多溴化，或混合卤代二恶英和呋喃这些其他持久性有机污染物进行管制。

文献：A Arkenbout, K H Esbensen. Sampling, monitoring and source tracking of dioxins in the environment of an incinerator in the Netherlands. *Eighth World Conference on Sampling and Blending/ Perth, WA, 9-11 MAY 2017.*

ToxicoWatch 官网：toxicowatch.wixsite.com/toxicowatch

//翻译：许冰 / 校对：毛达 / 编辑：何玲辉

我们是一支致力于抗击“隐性污染”，消除有毒化学品对中国人群的健康影响的队伍，目前聚焦于二恶英、铅、镉和有毒塑料添加剂等物质。

如果您认同我们的目标和工作，可以点击“阅读原文”或识别下图中二维码支持我们喔！



长按即可识别~



[阅读原文](#)