

解开垃圾焚烧的迷思

无毒先锋

减少碳排放

发达国家都在用

已达欧盟标准

占地小

无害化

可循环

减量化

垃圾焚烧

资源化

垃圾能源化

很安全

的迷思

变废为宝

垃圾能源化

花园式环境

污染少

严格按照要求运行

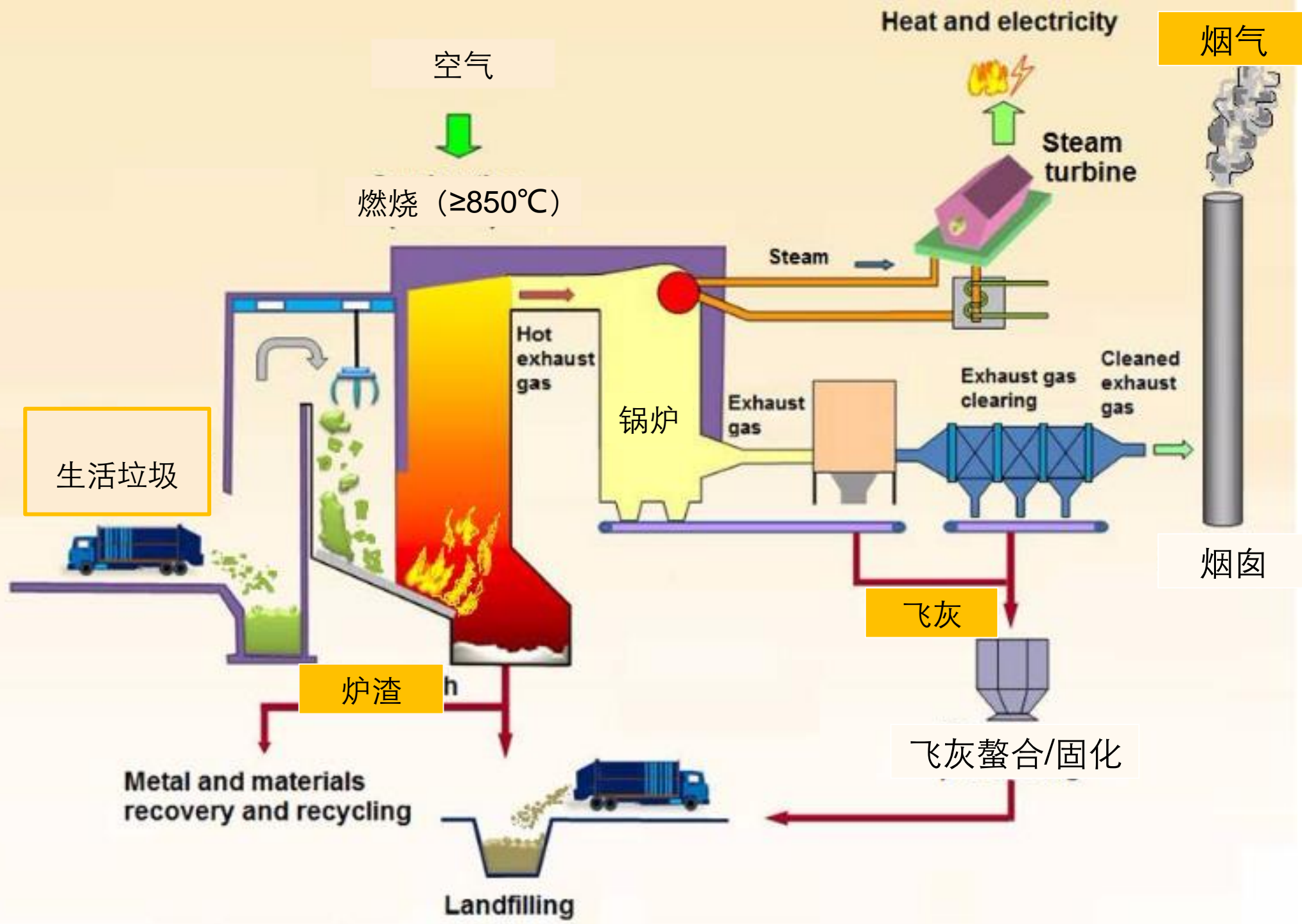
排放的那点二噁英对环境和健康没啥影响

>> 垃圾焚烧是什么? <<

用焚烧来处理生活垃圾就是用一套昂贵的设备来把本来可回收利用的物料转化成各种有毒有害物质的过程。

Garbage In, Garbage Out





生活垃圾焚烧厂烟道气能监测到的排放物

200种+

Emissions monitored in MSW incinerator flue gas

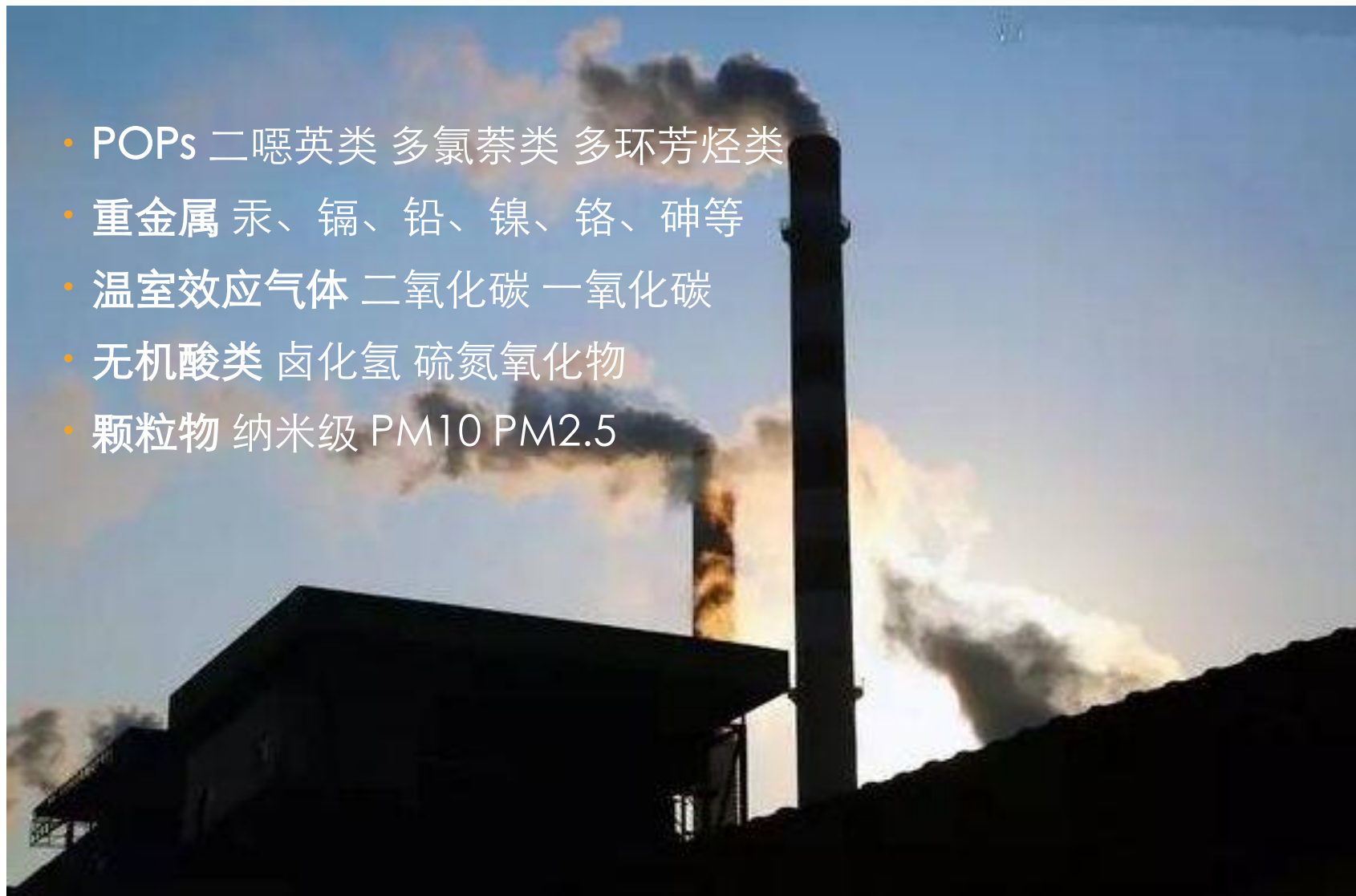
生活垃圾焚烧厂烟道气能监测到的排放物

- | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 3,3'-dimethylbiphenyl | pentane | ethyl | 1-ethyl-3,5-dimethylbenzene | 4-ethylacetophenone |
| 3,4'-dimethylbiphenyl | trichloroethylene | benzene | 1-methyl-4-propenylbenzene | 2,4-trichlorophenol |
| hexadecane | acetone | trichlorobenzene | propylchlorobenzene | 4-ethylbenzoic acid |
| benzophenone | iodomethane | acetic acid | 4-methylphenol | 2,3,4-trichlorophenol |
| tridecanoic acid | dichloromethane | aliphatic carbonyl | benzoic acid methyl ester | 1,2,3,5-tetrachlorobenzene |
| hexachlorobenzene | 2-methyl-2-propanol | ethylmethylcyclohexane | 2-chloro-6-methylphenol | 1,1'-biphenyl (2-ethynyl-naphthalene) |
| heptadecane | 2-methylpentane | 2-heptanone | ethyl dimethylbenzene | 3,4,5-trichlorophenol |
| fluorenone | chloroform | 2-butoxyethanol | undecane | chlorobenzoic acid |
| dibenzothiophene | ethyl acetate | nonane | heptanecarboxylic acid | 1-(chloromethyl)-4-methylbenzene |
| pentachlorophenol | 2,2-dimethyl-3-pentanol | isopropyl benzene | 1-(chloromethyl)-4-methylbenzene | 2-hydroxy-3,5-dichlorobenzaldehyde |
| sulphonic acid m.w. 224 | cyclohexane | propylcyclohexane | 1,3-diethylbenzene | 2-methylbiphenyl |
| phenanthrene | benzene | dimethyloctane | 1,2,3-trichlorobenzene | 2-nitrostyrene(2-nitroethenylbenzene) |
| tetradecanecarboxylic acid | 2-methylhexane | pentanecarboxylic acid | 4-methylbenzyl alcohol | decane carboxylic acid |
| octadecane | 3-methylhexane | propyl benzene | ethylhexanoic acid | hydroxymethoxybenzaldehyde |
| phthalic ester | 1,3-dimethylcyclopentane | benzaldehyde | ethyl benzaldehyde | hydroxychloroacetophenone |
| tetradecanoic acid isopropyl ester | 1,2-dimethylcyclopentane | 5-methyl-2-furancarboxaldehyde | 2,4-dichlorophenol | ethylbenzoic acid |
| caffeine | trichloroethene | 1-ethyl-2-methylbenzene | 1,2,4-trichlorobenzene | 2,6-dichloro-4-nitrophenol |
| 12-methyltetradecanecarboxylic acid | heptane | 1,3,5-trimethylbenzene | naphthalene | sulphonic acid m.w. 192 |
| pentadecanecarboxylic acid | methylcyclohexane | trimethylbenzene | cyclopentasiloxanedecamethyl | 4-bromo-2,5-dichlorophenol |
| methylphenanthrene | ethylcyclopentane | benzotrile | methyl acetophenone | 2-ethylbiphenyl |
| nonadecane | 2-hexanone | methylpropylcyclohexane | ethanol-1-(2-butoxyethoxy) | bromodichlorophenol |
| 9-hexadecene carboxylic acid | toluene | 2-chlorophenol | 4-chlorophenol | 2-ethylbiphenyl |
| anthraquinone | 1,2-dimethylcyclohexane | 1,2,4-trimethylbenzene | benzothiazole | bromodichlorophenol |
| dibutylphthalate | 2-methylpropyl acetate | phenol | benzoic acid | 1(3H)-isobenzofuranone-5-methyl |
| hexadecanoic acid | 3-methylheptane | 1,3-dichlorobenzene | octanoic acid | dimethylphthalate |
| eicosane | paraldehyde | 1,4-dichlorobenzene | 2-bromo-4-chlorophenol | 2,6-di-tertiary-butyl-p-benzoquinone |
| methylhexadecanoic acid | octane | decane | 1,2,5-trichlorobenzene | 3,4,6-trichloro-1-methyl-phenol |
| fluoroanthene | tetrachloroethylene | hexanecarboxylic acid | dodecane | 2-tertiary-butyl-4-methoxyphenol |
| pentachlorobiphenyl | butanoic acid ethyl ester | 1-ethyl-4-methylbenzene | bromochlorophenol | 2,2'-dimethylbiphenyl |
| heptadecane carboxylic acid | butyl acetate | 2-methylisopropylbenzene | 2,4-dichloro-6-methylphenol | 2,3'-dimethylbiphenyl |
| octadecadienal | ethylcyclohexane | benzyl alcohol | dichloromethylphenol | pentachlorobenzene |
| pentachlorobiphenyl | 2-methylcyclohexane | trimethylbenzene | hydroxybenzotrile | biphenyl |
| aliphatic amide | dimethylidioxane | 1-methyl-3-propylbenzene | tetrachlorobenzene | 2,4'-dimethylbiphenyl |
| octadecanecarboxylic acid | 2-furanecarboxaldehyde | 2-ethyl-1,4-dimethylbenzene | methylbenzoic acid | 1-methyl-2-phenylmethylbenzoic acid phenyl ester |
| hexadecane amide | chlorobenzene | 2-methylbenzaldehyde | trichlorophenol | 2,4,6-trichlorophenol |
| docosane | methyl hexanol | 1-methyl-2-propylbenzene | 2-(hydroxymethyl) benzoic acid | tetrachlorobenzofurane |
| hexachlorobiphenyl | trimethylcyclohexane | methyl decane | 2-ethylnaphthalene-1,2,3,4-tetrahyd | fluorene |
| benzylbutylphthalate | | 4-methylbenzaldehyde | 4-ethylacetophenone | phthalic ester |
| aliphatic amide | | | | dodecanecarboxylic acid |
| diisooctylphthalate | | | | |
| hexadecanoic acid hexadecyl ester | | | | |
| cholesterol | | | | |

CHEMOSPHERE Vol. 30, No. 7 (1995), pgs. 1249-1260

烟道气排放的 污染物

- POPs 二噁英类 多氯萘类 多环芳烃类
- 重金属 汞、镉、铅、镍、铬、砷等
- 温室效应气体 二氧化碳 一氧化碳
- 无机酸类 卤化氢 硫氮氧化物
- 颗粒物 纳米级 PM10 PM2.5



飞灰成分

飞灰是烟气净化系统捕集物和烟道及烟囱底部沉降的底灰。

- 重金属：铅、铬、汞、砷、镉
- POPs：二噁英类
- 盐：氯化钠，氯化钾



飞灰名列《国家危险废物名录》，废物类别为“772-003-18”，危险特性为毒性（Toxicity, T）。

炉渣成分



- 金属、玻璃、陶瓷、塑料及其他焚烧不完全的垃圾

>>垃圾焚烧标准不严<<

监管的污染物种类有限，监测频次低

Garbage In, Garbage Out

生活垃圾焚烧炉排放烟气污染物限值

生活垃圾焚烧炉排放烟气中污染物限值

序号	污染物项目	限值	取值时间
1	颗粒物 (mg/m ³)	30	1小时均值
		20	24小时均值
2	氮氧化物 (Nox) (mg/m ³)	300	1小时均值
		250	24小时均值
3	二氧化硫 (SO ₂) (mg/m ³)	100	1小时均值
		80	24小时均值
4	氯化氢 (HCl) (mg/m ³)	60	1小时均值
		50	24小时均值
5	汞及其化合物 (以Hg计) (mg/m ³)	0.05	测定均值
6	镉、铊及其化合物 (以Cd+Tl计) (mg/m ³)	0.1	测定均值
7	锑、砷、铅、铬、铜、锰、镍及其化合物 (以Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni计) (mg/m ³)	1	测定均值
8	二噁英类 (ng TEQ/m ³)	0.1	测定均值
9	一氧化碳 (CO) (mg/m ³)	100	1小时均值
		80	24小时均值

标准	飞灰处置相关条例
----	----------

《生活垃圾焚烧污染控制标准》 GB18485-2014	8.6 生活垃圾焚烧飞灰与焚烧炉渣应分别收集、贮存、运输和处置。生活垃圾焚烧飞灰应按危险废物进行管理，如进入生活垃圾填埋场处置，应满足GB 16889 的要求，如进入水泥窑处置，应满足 GB 30485 的要求。
--------------------------------	--

《危险废物污染防治技术政策》 环发[2001]199号 [7]	<p>3、危险废物的收集和运输</p> <p>3.1 危险废物要根据其成分，用符合国家标准的专门容器分类收集。</p> <p>3.2 装运危险废物的容器应根据危险废物的不同特性而设计，不易破损、变形、老化，能有效地防止渗漏、扩散。装有危险废物的容器必须贴有标签，在标签上详细标明危险废物的名称、重量、成分、特性以及发生泄漏、扩散污染事故时的应急措施和补救方法。</p> <p>9.3 生活垃圾焚烧飞灰</p> <p>9.3.1 生活垃圾焚烧产生的飞灰必须单独收集，不得与生活垃圾、焚烧残渣等其它废物混合，也不得与其它危险废物混合。</p> <p>9.3.2 生活垃圾焚烧飞灰不得在产生地长期贮存，不得进行简易处置，不得排放，生活垃圾焚烧飞灰在产生地必须进行必要的固化和稳定化处理之后方可运输，运输需使用专用运输工具，运输工具必须密闭。</p> <p>9.3.3 生活垃圾焚烧飞灰须进行安全填埋处置。</p>
---	---

《生活垃圾填埋场污染控制标准》 GB 16889-2008 [8]	<p>6.3 生活垃圾焚烧飞灰和医疗废物焚烧残渣（包括飞灰、底渣）经处理后满足下列条件，可以进入生活垃圾填埋场填埋处置。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 含水率小于30%； 2. 二噁英含量（或等效毒性量）低于 3 ug/kg (3 ppb) ； 3. 按照 HJ/T 300 制备的浸出液中危害成分质量浓度低于下表规定的限值。
--	---

污染物	汞	铜	锌	铅	镉	铍	钡	镍	砷	总铬	六价铬	硒
限值Mg/L	0.05	40	100	0.25	0.15	0.02	25	0.5	0.3	4.5	1.5	0.1

烟气监测要求

1个月，3个月和12个月一次的监测不能代表每天的排放情况

- 生活垃圾焚烧厂运行企业对烟气中重金属类污染物和焚烧炉渣热灼减率的监测应每月至少开展 1 次；
- 对烟气中二噁英类的监测应每年至少开展 1 次，其浓度为连续 3 次测定值的算术平均值。
- 环保部门应采用随机方式对生活垃圾焚烧厂进行日常监督性监测，对焚烧炉渣热灼减率与烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、重金属类污染物和一氧化碳的监测应每季度至少开展 1 次，对烟气中二噁英类的监测应每年至少开展 1 次。
- 生活垃圾焚烧厂烟气在线监测指标应至少包括烟气中一氧化碳、颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和氯化氢。

烟气二噁英监测实况

最佳工况
启停炉阶段不计

实况

- 监测次数：1 次/年
- 采样时长：3-6 小时
- 工况：最佳工况 (赵树青、宋薇、刘晶昊、蒲志红, 2011)
- 启停炉阶段排放的二噁英不在考虑范围内

问题

- 1) 3-6 小时最佳工况下的监测结果能代表一年 8000 多个小时的运行状况吗?
- 2) 全年启停炉阶段的二噁英排放可达全年正常工况排放的 70%以上，这部分排放能被忽略吗? (Hung P C, Chang S H, Buekens A, et al. 2016)

飞灰处置相关 条例评价

法律和监管有空白

- 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）6.3 对于垃圾焚烧飞灰填埋没有检测次数、责任主体等相关要求。
- 从政府信息公开回复中了解到垃圾焚烧厂对于飞灰在填埋前会进行取样送到第三方进行检测，检测次数各不相同。
- 由于垃圾成分的不稳定性，飞灰的毒性也是不稳定，由垃圾焚烧厂自主判断一年几次的检测难以代表每一批次飞灰的毒性，难免会造成毒性超标的飞灰直接进行填埋。
- 由于缺乏监管、经济成本较高等等原因，飞灰往往以各种形式偏离正规处置渠道。
- 飞灰经过预处理运到卫生填埋场之后，未被按要求单独填埋。

飞灰管理不当， 食物被污染

Incinerator fly ash – weak limits poison food

飞灰二噁英浓度 3000 pg TEQ/g dm (3 ug TEQ/kg dm)

Dioxin in waste
3000 pg TEQ/g dry matter

Less than current
provisional limit
of 15,000 pgTEQ /g

↓
土壤二噁英浓度 50 pg/g dm

Dioxin in soil
50 pg TEQ/g dry matter

↓
鸡蛋二噁英浓度 30 pg/g lipid (脂质)

Dioxin in eggs
30 pg TEQ/g lipid

12X EU limit!
欧盟标准的 12 倍

东西故事

标准到了欧盟水平?

No!

红色字体：7项国标落后于欧盟标准；
 绿色字体：2项国标严于欧盟标准；
 空白：国内3类污染物无标准

污染物 (单位)	欧盟标准限值	欧盟BAT草案			中国标准限值
		排放水平		监测要求	
颗粒物 (mg/Nm3)	10 (日均值)	2-5 (日均值)		连续	20 (日均值)
	30 (半小时均值)				30 (小时均值)
HCl (mg/Nm3)	10 (日均值)	新建：2-6 (日均值)	已有：2-8 (日均值)	连续	50 (日均值)
	60 (半小时均值)				60 (小时均值)
SO2 (mg/Nm3)	50 (日均值)	新建：10-30 (日均值)	已有：10-40 (日均值)	连续	80 (日均值)
	200 (半小时均值)				100 (小时均值)
NOx (mg/Nm3)	200 (日均值)	新建：150-120 (日均值)	已有：50-150 (日均值)	连续	250 (日均值)
	400 (半小时均值)				300 (小时均值)
CO (mg/Nm3)	50 (日均值)	新建：10-50 (日均值)	已有：10-50 (日均值)	连续	80 (日均值)
	100 (半小时均值)				100 (小时均值)
	150 (10分钟均值)				
汞 (mg/Nm3)	0.05 (测定均值)	新建：0.005-0.02 (测定均值)	已有：0.005-0.025 (测定均值)	连续	0.05 (测定均值)
镉+铊 (mg/Nm3)	0.05 (测定均值)	0.01-0.02 (测定均值)		半年一次	0.1 (测定均值)
铅及其他 (mg/Nm3)	0.5 (测定均值)	0.05-0.3 (测定均值)		半年一次	1.0 (测定均值)
PCDD/F (ng I-TEQ/Nm3)	0.1 (测定均值)	新建：<0.01-0.04	已有：<0.01-0.06 (测定均值)	每月一次	0.1 (测定均值)
PCDD/F+DL-PCBs (ng WHO-TEQ/Nm3)		新建：<0.01-0.06 (测定均值)	已有：<0.01-0.08 (测定均值)	每月一次	
HF (mg/Nm3)	1 (日均值)	新建：<1 (日均值或测定均值)	已有：<1 (日均值或测定均值)	连续	
	4 (半小时均值)				
TOC (mg/Nm3)	10 (日均值)	新建：3-10 (日均值)	已有：3-10 (日均值)	连续	
	20 (半小时均值)				
NH3 (mg/Nm3)		新建：3-10 (日均值)	已有：3-10 (日均值)	连续	

即使达到了欧盟标准，就赶超欧盟了？

No!

欧盟玩的是最佳可行技术

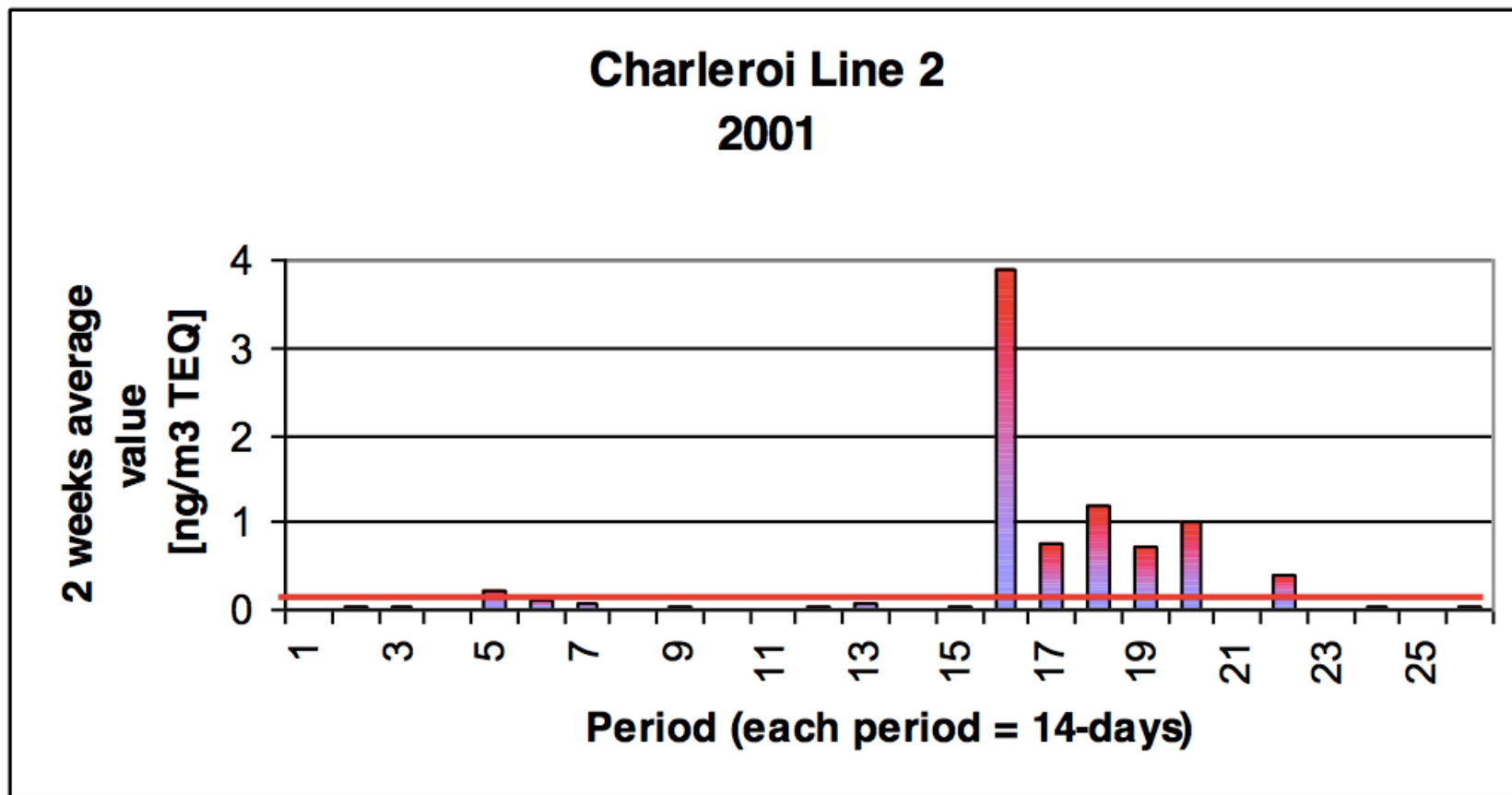
- 欧盟 **BREF**（最佳可行技术参考文件）比标准严格很多，目的是保证非正常工况也能达标
- BREF 的结论是项目审批的依据
- 欧盟正在更新 **BREF**，趋势是更加严格，因此中欧焚烧厂运行标准上的差距将进一步拉大

而

- 中国的环评法规“允许”非正常工况超标，平时运行不超过国标限值即可
- 所以，中国焚烧厂如果平常能够排放达标，其运行标准也较欧盟焚烧厂差得非常多

BREF的重要趋势

汞的在线监测
二噁英的连续采样



>>监管不严<<

排放不达标、违规事件频发、飞灰管理失控、污染物环境浓度偏高

可视“不达标”

在线监测 实时数据公示
2016年09月10日 19:33:05

垃圾焚烧数据					
名称	二氧化硫	氮氧化物	烟尘	一氧化碳	氯化氢
单位	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
实时	3.40	373.30	31.30	153.80	7.20
限值	100	300	30	100	60

垃圾渗滤液数据				
名称	总磷	PH值	氨氮	化学需氧量
单位	mg/L	-	mg/L	mg/L
实时	0.0	-	0.0	0.0
限值	3	-	25	100

垃圾难民



信息公开差， 未监测， 不达标

- 根据环保组织芜湖生态中心的观察与信息公开申请的结果，**2017年全国在运行的 359 座垃圾焚烧厂中，仅可获取到 112 座的烟气二噁英自行监测数据，以及 50 座的烟气二噁英监督性监测数据。**[3]
- 二噁英监测信息不公开，公众就可能会怀疑企业和环保部门没有对烟气二噁英进行监测，或者监测结果不达标。而部分公开的信息则表明烟气二噁英超标事件时有发生。例如，2018年7月，泰州绿色动力再生能源有限公司因为原环保部二噁英监督性监测超标被罚款100万。与此同时，芜湖生态中心观察环保部门官网2017年监督性监测数据发现，湖州南太湖环保能源有限公司2017年8月国控污染源监督性监测二噁英超标三次，诸暨八方热电有限责任公司2017年第四季度第六次监督性监测数据二噁英超标一次。

46座垃圾焚烧
厂在2018年4
月份累计超标
次数6866次

2017年12月，芜湖生态中心观察发现

- 2017年10月全国在运行的垃圾焚烧厂仅有163座在各省市企业信息平台上有公开环境信息，31座垃圾焚烧厂10月累计超标3351次。
- 2018年5月，项目团队观察发现全国在运行垃圾焚烧厂190座在各省市企业信息平台上有公开环境信息，46座垃圾焚烧厂4月份累计超标达6866次。
- 在各省市企业监督性监测信息平台 and 环保部门官网上公开监督性监测信息的165座垃圾焚烧厂中，2017-2018年有13座垃圾焚烧厂烟气监督性监测数据存在超标。

二噁英排放不达标者居多

国内调研焚烧企业二噁英排放水平

中国焚烧行业水平

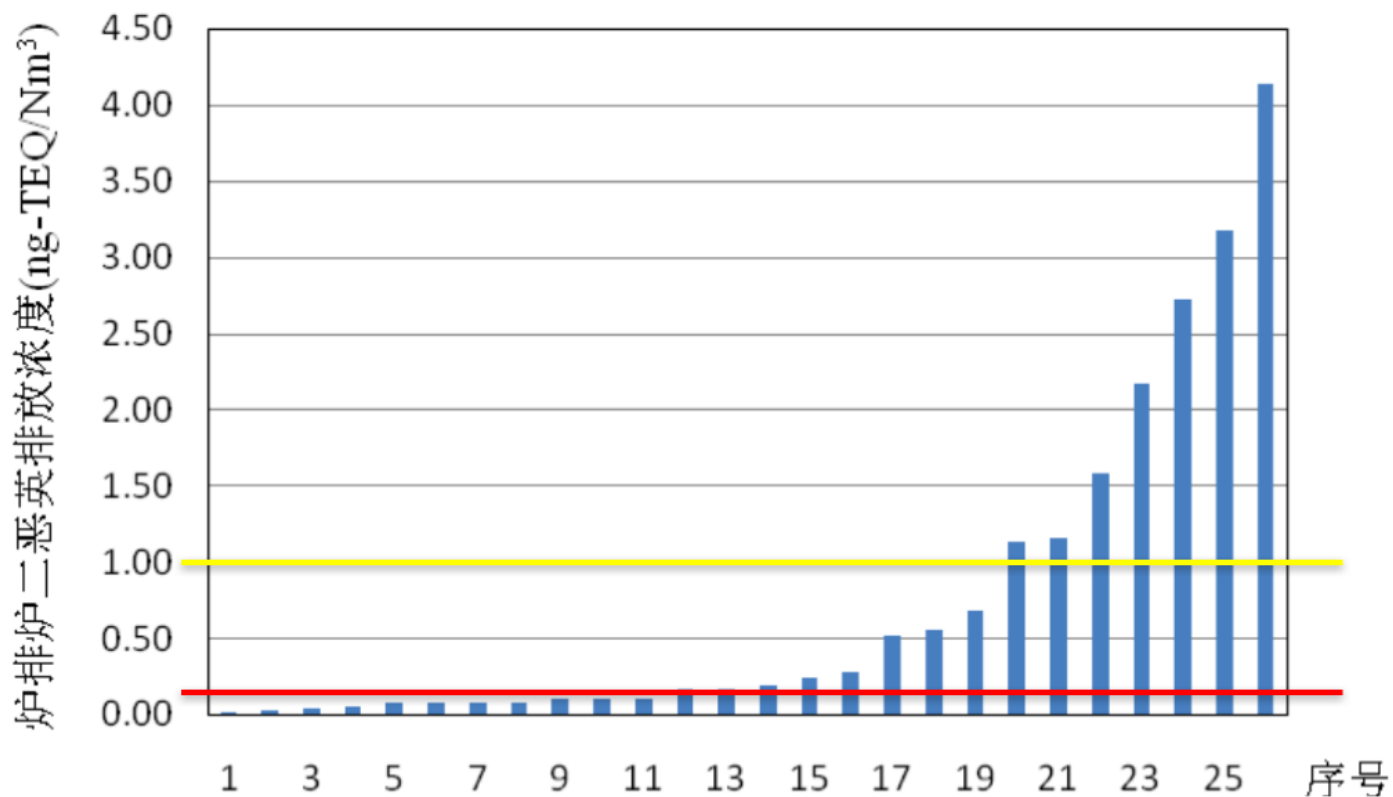
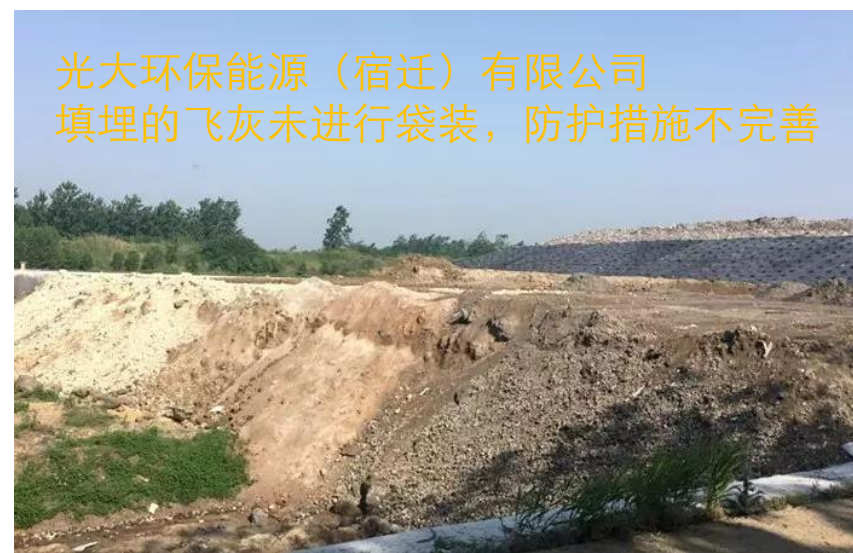


图 4-7 国内调研焚烧企业二噁英排放水平

飞灰管理失控

民间调查



飞灰重金属超标

民间调查

- 2017年3月起，芜湖生态中心针对江苏省生活垃圾焚烧厂飞灰处置情况开展调研工作，对其中 7 座垃圾焚烧厂（约占江苏省在运行垃圾焚烧厂数量的1/5）填埋的飞灰进行取样并送到有专业资质的第三方检测机构进行检测，结果发现，有 5 个样品存在超标项，所检测样品中超标率高达 70%。其中，
 - 无锡惠联垃圾热电有限公司的填埋飞灰中的铅超标近 **19 倍**，
 - 太仓协鑫垃圾焚烧发电有限公司的铅超标 **2 倍**，
 - 隶属于锦江环保集团的连云港晨兴环保产业有限公司飞灰中的镉超标 **4 倍**。

飞灰超标填埋 严重、监管缺 失，相关法律 空白

芜湖生态中心通过调研安徽、江苏、浙江和广东共121座垃圾焚烧厂的飞灰处置情况，发现：

- 大多数环保部门对于飞灰的监管存在缺失；
- 部分垃圾焚烧厂飞灰没有执行危险废物五联单转移制度；
- 环保部门对于飞灰缺少监督性监测；
- 相关法律法规缺少对飞灰自行监测次数的强制性要求。

同时在实际调研过程中还发现：

- 部分垃圾焚烧厂飞灰超标填埋；
- 飞灰填埋防护措施不完善；
- 飞灰和生活垃圾混合填埋等问题。

飞灰处置问题已经成为生活垃圾焚烧全过程污染控制和风险管理中最为薄弱的环节。

环境二噁英监测与实况

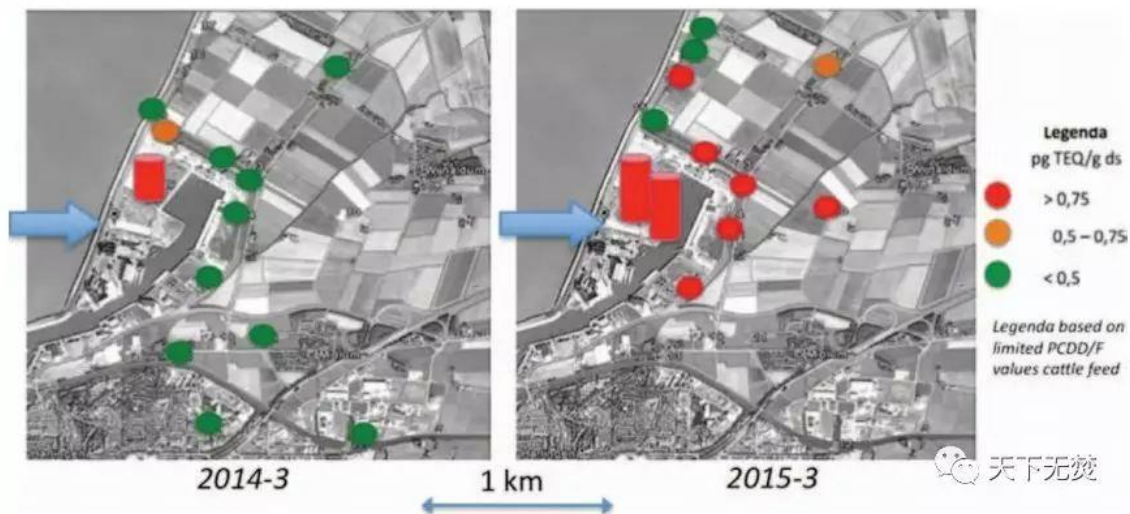
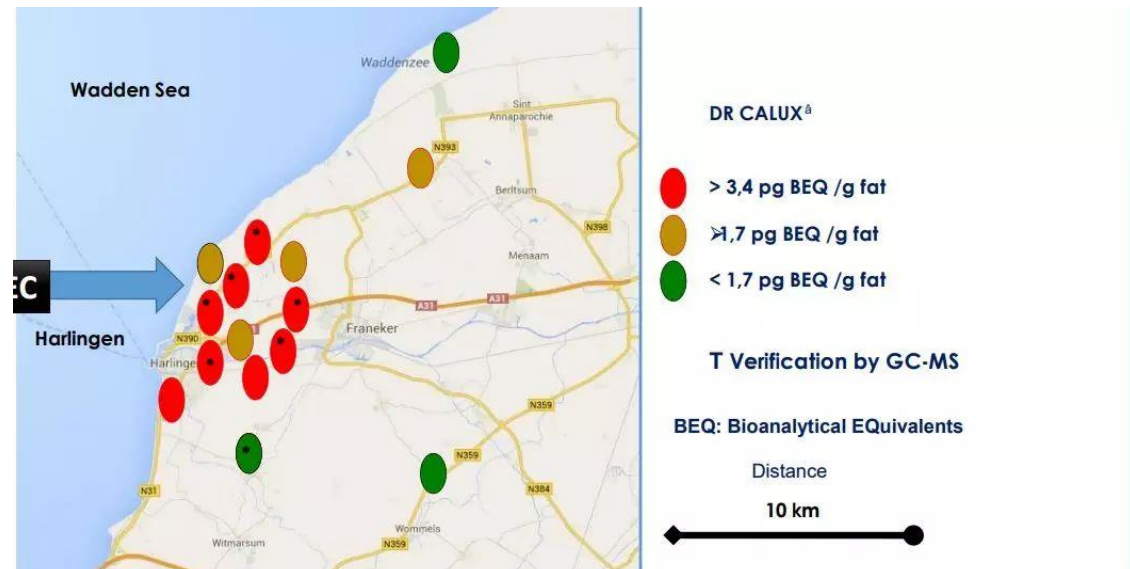
环发 2008[82] 号文
没有得到严肃对待和
认真执行

- 2017年11月至2018年5月，环保组织深圳零废弃依据《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》（环发[2008]82号文），先后向 135 座生活垃圾焚烧厂的属地环保部门，提交了焚烧厂试运行前和运行后每年周围大气与土壤环境二噁英监测信息公开申请书。在得到属地环保部门有效信息公开申请答复的 121 座在运行垃圾焚烧厂中：
- 全部或部分公开环境二噁英监测信息的只有 33 座，比例仅为 27.3%。
- 被公开的环境二噁英信息完整度不足四成。
- 综合信息公开的完整度和有信息公开的焚烧厂数量比例两因素，121 座焚烧厂环境二噁英监测信息的总体公开程度仅有 10%。
- 33 座有环境二噁英监测信息公开的焚烧厂中，仅有 1 座能按要求每年在同一监测点进行监测。
- 有 6 座在运行期间出现过环境空气二噁英监测浓度超过法规目前参考的日本年均浓度标准（0.6pg TEQ/m³）的情况。

>>垃圾焚烧对环境的影响<<

二噁英排放限
值为
 $0.01\text{ng}/\text{m}^3$ ，
环境质量也还
是会超标

- 2012-2015年，荷兰一家名为 ToxicoWatch Foundation 的公益组织，通过对荷兰哈灵根 (Harlingen) 的 REC 焚烧厂周边环境中的散养鸡蛋、草以及焚烧厂烟气中的二噁英 (PCDD/Fs) 和类二噁英多氯联苯 (dl-PCBs) 进行采样和分析，发现：即使垃圾焚烧厂烟气二噁英排放水平为 $0.01\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$ ，周边环境还是不安全的。



焚烧厂周边二噁英污染

- (刘红梅, 2013) 浙江一垃圾焚烧厂周围大气中二噁英浓度和沉降通量处于世界相对高位水平。该垃圾焚烧厂周边土壤中二噁英的主要来源于近年来的焚烧源排放, 而历史的二噁英沉积非常小。
- (齐丽, 任玥, 李楠等. 2016; 齐丽, 任玥, 刘爱民等. 2017) 北京高安屯垃圾焚烧厂附件, 雾霾天和冬季二噁英毒性当量超出日本环境空气质量标准限值, 并且冬季儿童的二噁英呼吸暴露贡献率超标。
- (Pei C, Xiao X, Mei J, et al. 2017) 珠三角一垃圾焚烧厂附近松针二噁英浓度极高, 且生活垃圾焚烧厂是环境二噁英的一个重要排放源。
- (邓芸芸, 贾丽娟, 殷浩文, 2008) 上海嘉定某垃圾焚烧厂周边土壤二噁英含量过高, 且焚烧炉是上海地区土壤中二噁英污染的一个来源。
- (中国科学院大连化学物理研究所现代分析中心, 2009) 海安县一垃圾焚烧厂周围空气的二噁英浓度超出了环评报告预设值的两个数量级, 也大大超过香港2003年的水平。垃圾焚烧厂是导致当地环境二噁英污染的原因。

垃圾焚烧厂周围不同植物类别的重金属污染特征

(钟秀萍, 王俊坚, 赵宏伟, 刘阳生, 曾辉. 2010)

- 垃圾焚烧厂周围优势植物的叶片受 Hg 的污染最为严重, 其次是 Cr 和 Cd。不同植物类别受重金属的污染状况不同,
- 乔木主要是 Cr 和 Hg 的污染;
- 灌木植物样品中 Hg 污染状况最为严重, 其次是 Cd 和 Cr;
- 草本植物未受 Cr 的污染, 而受 Hg 的污染较为严重, 其次是 Cd 的污染。

焚烧厂周边汞污染

- ([汤庆合、丁振华等, 2005](#)) 上海御桥垃圾焚烧厂运行两年即产生显著汞污染。
- ([赵宏伟、钟秀萍、刘阳生等, 2009](#)) 深圳市清水河垃圾焚烧厂周边植物汞含量显著高于当地环境背景值。植物茎叶中的汞应主要来源于垃圾焚烧厂所排放的烟气, 样点距离污染源的水平距离和风向是植物汞污染的重要影响因子。
- ([Junyu Zheng、Jiamin Ou、Ziwei Mo et al. 2011](#)) 过去10年间, 珠三角地区城市生活垃圾焚烧总量急剧增长, 已从2001年的30万吨增至2008年的410万吨。而2008年该行业的汞排放总量估计达到3264千克, 即所有人为排放量的21%。
- ([王雄、吴昌华、利锋等, 2013](#)) 广州李坑垃圾焚烧厂冬、夏两季周边土壤和水体沉积物甲基汞风险评价水平均为中度污染; 冬季和夏季周边植物甲基汞含量分别达到中度和轻度污染水平。

焚烧厂周边其他污染

- [\(孙少艾、李洋等, 2012\)](#) 北京一垃圾焚烧厂周边大气多环芳烃浓度(PAHs)超标, 并且已对人体健康构成潜在威胁。
- [\(聂海峰, 2015\)](#) 北京一垃圾焚烧厂附近多溴联苯醚 (PBDEs) 的污染相对国内外其它地区处于中等偏高水平, 垃圾焚烧厂是 PBDEs 的主要释放源。
- [\(任曼, 陈德翼, 陈佩等, 2010\)](#) 固废焚烧是广州市大气环境类二噁英多氯联苯污染的主要来源之一。

无焚英国发现 垃圾焚烧会加 剧气候变化

(UKWIN, 2018) 每焚烧 1 吨塑料垃圾释放约 1.43 吨二氧化碳。一个 2020 年建成的典型的垃圾焚烧炉将在其 30 年的运营期内释放 280 万吨化石源二氧化碳。即便将发电量考虑在内，仍比填埋同样数量的垃圾多释放约 160 万吨二氧化碳。

>>垃圾焚烧对健康的影响<<

我国生活垃圾 焚烧厂平均致 癌风险高出可 接受水平5倍

- [\(Qi Zhou, Jianxun Yang, Miaomiao Liu, et al. 2018\)](#) 全国平均致癌风险水平为 5.71×10^{-6} , 95%的置信区间 (CI) 为 5.70×10^{-6} - 5.72×10^{-6} , 比美国环保署定义的可接受水平高约5倍 (致癌风险水平 $\leq 1 \times 10^{-6}$) 。
- 17 个省的致癌风险超过了可接受的水平 (致癌风险水平 $\leq 1 \times 10^{-6}$) , 其中 7 个甚至高于 10^{-5} 。

垃圾焚烧与癌症

- ([法国公共健康监测研究所, 2009](#)) 焚烧厂空气污染物暴露与女性所有癌症合计、乳腺癌、恶性非霍奇金淋巴瘤, 男性多发性骨髓瘤, 以及男女合计的恶性非霍奇金淋巴瘤病发存在具有统计显著性的正相关关系; 并与两性合计的肝癌、软组织肉瘤和多发性骨髓瘤病发可能存在关联。
- ([Javier García-Pérez, Pablo Fernández-Navarro, et al. 2013](#)) 废弃物焚烧厂及危险废弃物回收利用或处置设施附近城镇居民癌症死亡风险偏高, 且具有统计学显著性。其中, 焚烧厂附近居民都有患癌超额风险 (excess risk), 且男性胸膜和胆囊肿瘤, 女性胃部肿瘤发病率显著偏高, 他们死于癌症的可能性甚至比其他一些设施还高。个别焚烧厂附近女性有患卵巢和脑部肿瘤的超额风险。

垃圾焚烧与出生缺陷、流产

- ([Cordier , et al. 2010](#)) 泌尿系出生缺陷风险与怀孕早期的垃圾焚烧厂二噁英污染暴露（作为生活垃圾焚烧厂所有污染物暴露的一种代表）之间存在关联。
- ([Ashworth D C, Elliott P, Toledano M B, et al. 2014](#)) 垃圾焚烧与多类出生缺陷存在显著的正相关性。
- ([S. Candela et al. 2015](#)) 焚烧厂污染与周边人群流产风险的增高存在关联。

垃圾焚烧厂工人健康风险高

- ([Sun J, Tang J, Chen Z, et al. 2016](#)) 苏州五大工业园内一些工厂周围二噁英污染对工人有潜在致癌风险，医疗垃圾焚烧厂和生活垃圾焚烧厂周边空气中的二噁英比其他类型工厂更高。

不可忽视的垃圾焚烧厂周边环境重金属污染健康风险

(张海龙, 李祥平, 齐剑英等, 2013) 华南某垃圾焚烧设施 (日处理垃圾量为 1200 吨) 对周边环境的健康风险:

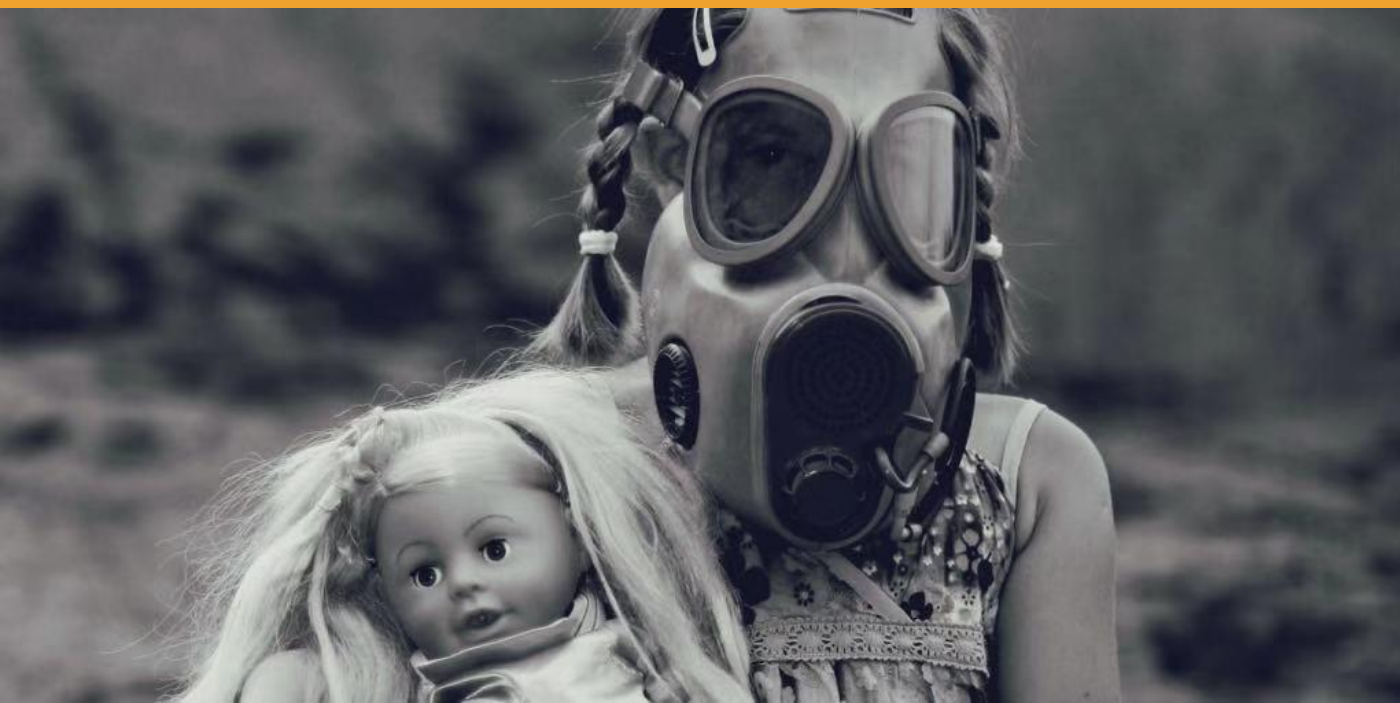
- 儿童和成人的铬呼吸暴露致癌风险均超过风险临界值。
- 经口暴露的致癌风险, 儿童高于成人。
- 该区域铊 (Tl) 对儿童的综合危害指数在 1.02~1.40, 大于安全值 1, 对成人的最大值为: 0.194;

焚烧厂烟道气 排放物对环境 的影响

- (李知玄: 《[垃圾焚烧厂别溜, 雾霾跟你很有关系](#)》) 进入焚烧炉的垃圾热值不够, 须烧煤、烧重油, 甚至烧石油焦, 使烟气中同步排放的化合物更多, 生成次生颗粒物的机率更多, 制造雾霾的机率更大。
- ([Young-Min Kim, Jung-Wk Kim, Hyun-Jung Lee, 2011](#)) 焚烧厂的常规空气污染物对公民的健康影响是相当显著的。

>>欧洲的垃圾焚烧<<

也就那回事



不靠谱的国外 垃圾焚烧厂

苏格兰Dargavel的
“先进”焚烧厂



不靠谱的国外 垃圾焚烧厂

苏格兰Dargavel的
“先进”焚烧厂

- 自2009年12月启用至2011年4月第一次关停，遭遇45次噪音投诉，38次旁通烟囱启动事故，还有多达200次的超标排放记录，2次二噁英超标排放记录，以及上百次在线监测异常记录
- 自2012年3月整改完成后，仍出现8次二燃室氧气水平不达标记录，2起二燃室出口低温事故，10次旁通烟囱启动事故，1次运行超时记录，1次噪音投诉，1次HCl超标记录，以及24次在线监测异常记录（7次VOC，9次CO，8次HCl）
- 2012年8月，出现1次蒸汽爆炸事故；10月，1次二噁英超标瞒报事件
- 【参考】 苏格兰环保署相关调查报告

不靠谱的国外 垃圾焚烧厂

苏格兰Dargavel的
“先进”焚烧厂

- **【评估】** 苏格兰环保署将其列为运行“非常差”的设施
- **【处罚】** 2013年8月23日，苏格兰环保署开出“撤销环境许可”的罚单
- **【理由】** 持续超标排放；无法遵守强制规定；无法经济运行；能效太低
- **【余波】** 焚烧企业纷纷与之划清界限



不靠谱的国外 垃圾焚烧厂

丹麦的 Amager
Bakke



不靠谱的国外 垃圾焚烧厂

丹麦的 Amager
Bakke

- 2016年10月，这座垃圾焚烧厂在建造过程中出现了核心装置，也就是大型焚烧炉的技术安装失败，额外花费了1300万欧元来修复，并最终使得运行时间延迟了7个月。
- 今年6月初，焚烧装置中的给水泵技术失败导致该焚烧厂不能持续处理每日运来的垃圾。为了解决该问题，丹麦政府回应，称已批准市政垃圾处置公司阿梅格尔资源中心(ARC)先储存大量未经处理的垃圾，直到技术问题解决后再运往 Amager Bakke 焚烧厂。

>>值得警惕的露天垃圾焚烧与农村小焚烧炉<<

产生的污染物量更大，且几乎不受控制

露天垃圾焚烧

至少 20 种有害污染物

- **露天焚烧垃圾**向大气排放的有害污染物至少有20多种，包括人们熟知的苯、丙酮、多环芳烃、氯苯、二噁英、呋喃、多氯联苯、PM10（大气中直径在10微米以下的颗粒物，又称为可吸入颗粒物或飘尘）、PM2.5（大气中直径小于或等于2.5微米的颗粒物，也称为可入肺颗粒物）、挥发性有机化合物等。焚烧所产生的灰渣中也富含二噁英类污染物及重金属，如铅和铬。



图片来源：朱江

露天垃圾焚烧

二噁英等污染物排放强度比垃圾焚烧厂高出数万倍

- 美国环保署的研究人员以美国纽约州居民所产生的垃圾为考察对象，测得每露天焚烧 1 公斤的混合垃圾，会向大气排放 38.25 微克的二噁英。若处理相同数量的垃圾，垃圾焚烧厂的二噁英排放量仅为 0.0016 微克。二者的数量差距达 2 万倍以上。而其他有害污染物，如氯苯、多环芳烃、挥发性有机化合物的排放强度差距甚至可达数十万至数百万倍。

每公斤混合垃圾 露天焚烧与受控焚烧厂污染物排放对比

(单位：微克)

污染物	露天焚烧	受控焚烧厂
二恶英类 (PCDDs)	38.25	0.0016
呋喃类 (PCDFs)	6.05	0.0019
氯苯类 (CBs)	424150	1.16
多环芳烃类 (PAHs)	66035.65	16.58
挥发性有机化合物 (VOCs)	4227500	1.17

(图表来源：美国环保署《家户露天焚烧垃圾的污染物排放评价》1999年 www.cn-hw.net)

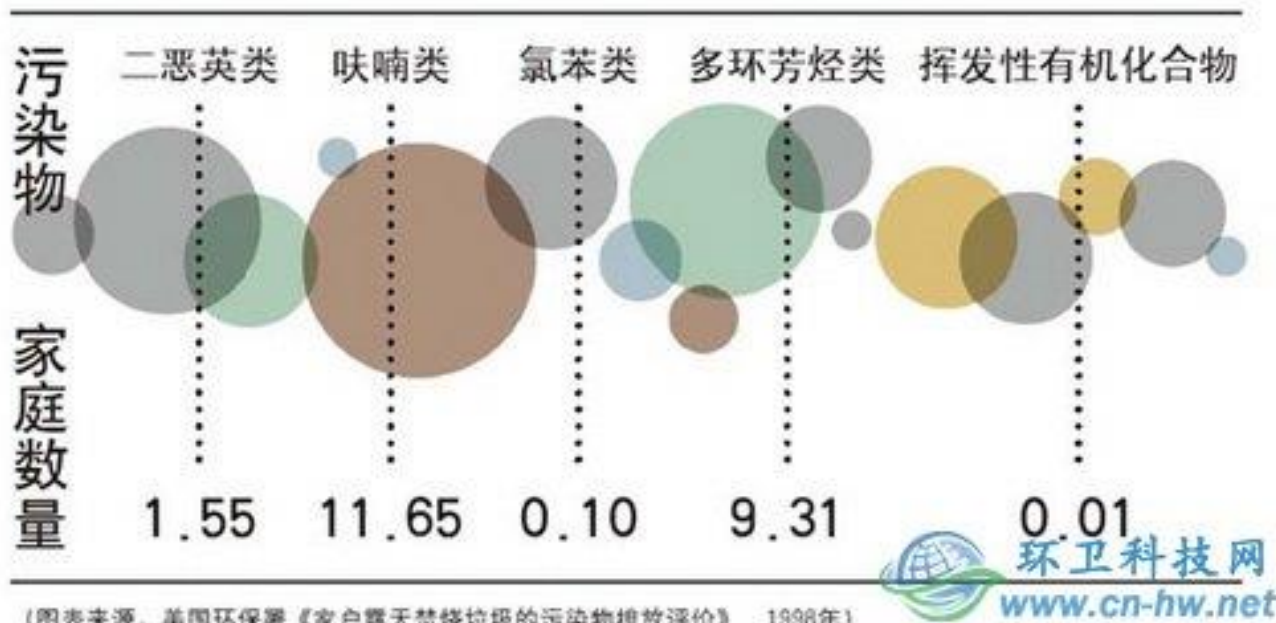
露天垃圾焚烧

二噁英等污染物排放强度比垃圾焚烧厂高出数万倍

- 研究人员分析得出，如果一座焚烧厂的日处理垃圾量为 200 吨，它所产生的二噁英相当于纽约州 1.55 个家庭露天焚烧其垃圾所产生的量，呋喃的量相当于 11.65 个家庭，多环芳烃相当于 9.31 个家庭，比较恐怖的是，0.1 个家庭氯苯的产生量、0.01 个家庭挥发性有机化合物的产生量，就相当于这个垃圾焚烧厂的量。

每户家庭露天焚烧与受控焚烧厂污染物排放对比

(与一座日处理 200 吨垃圾的焚烧厂排污量相当的居民家庭数量)



(图表来源: 美国环保署《家户露天焚烧垃圾的污染物排放评价》, 1998年)

小型焚烧炉



图片来源：赫晓霞

农村小焚烧炉

污染严重

- (刘劲松, 潘荷芳, 巩宏平等, 2008) 不同的焚烧时段, 小型生活垃圾焚烧炉烟气二恶英的浓度都远远大于我国的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014) 所规定的 0.1 ng TEQ/m^3 。焚烧炉飞灰及灰渣样品中二恶英国际毒性当量分别为 3 454 和 32.2 ng/kg。飞灰样品中二恶英毒性当量是灰渣样品的 107 倍, 是周边环境土壤样品平均含量的 744 倍。
- (朱青青, 郑明辉, 刘国瑞等, 2016) 农村简易生活垃圾焚烧所排放的多氯萘 (PCNs) 处于较高的浓度水平。
- (雷鸣, 任明忠, 张素坤等, 2017) 小型生活垃圾焚烧炉、气化焚烧炉、气化炉炉渣中二恶英的浓度范围分别为 26.50~231.43、21.55~161.69、293.70~1062.22ng I-TEQ/ kg; 烟气中的分别为 0.7~24.88、3.14~4.84、0.20~0.50ng I-TEQ/Nm³ (《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB 18485-2014中垃圾焚烧厂二恶英排放的限值为 $0.1 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$)。

更优选择

产生预防

重复使用

循环再生

资源提取

末端处置



垃圾焚烧

避免采用



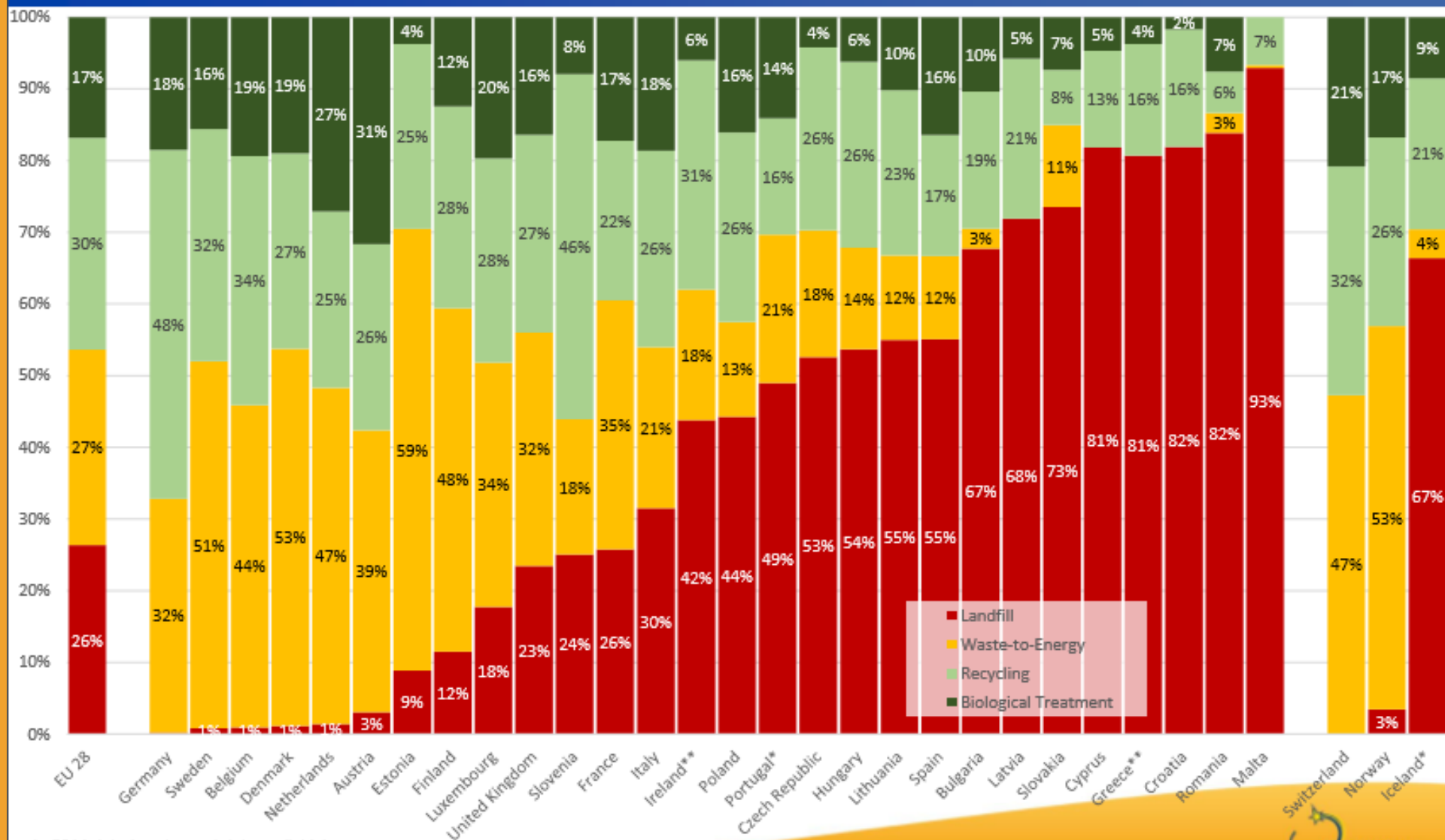




Municipal waste treatment in 2015

EU 28 + Switzerland, Norway and Iceland

Graph by CEWEP,
Source: EUROSTAT 2017



* : 2014 data (most recent data available)

** : 2012 data (most recent data available)