



“双碳时代”下市政固废如何实现可持续管理

赵昂

16 June 2022



磐之石 ROCK ENVIRONMENT
AND ENERGY INSTITUTE
环境与能源研究中心



MSW管理对比

➤ 中国

- 总量仍在增加；焚烧、填埋各占一半
- 目标：
 - 短期：2030 资源化利用率60%
 - 长期：碳中和/净零排放
- 实现手段
 - 五年发展规划
 - N+1战略
 - 甲烷减排应对计划

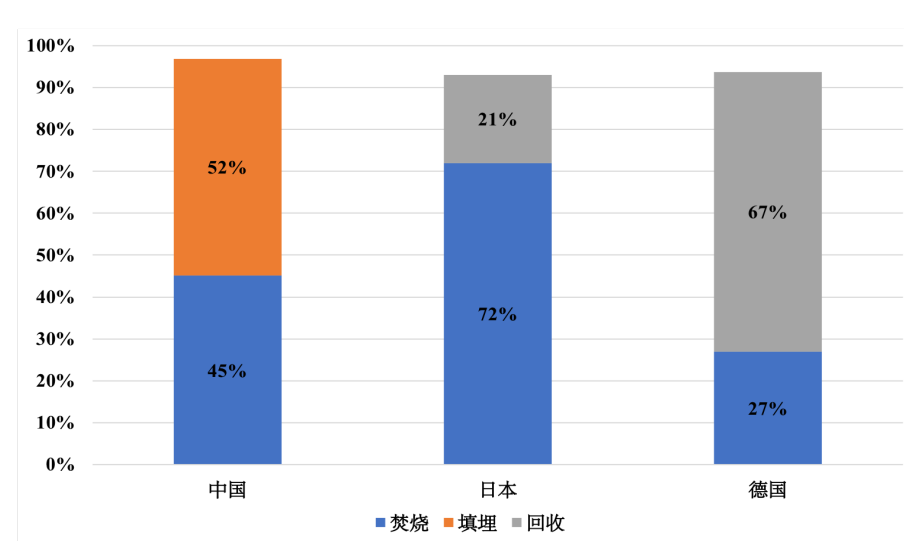
➤ 欧盟

- 总量稳定；焚烧为主
- 目标
 - 短期：2030 MSW 剩余物 (residual waste) 减半
 - 长期：碳中和
- 实现手段：循环经济行动计划
 - 碳排放管理
 - 社会、经济和公共健康影响
 - MSW贸易规制



MSW管理现状：各国的差别

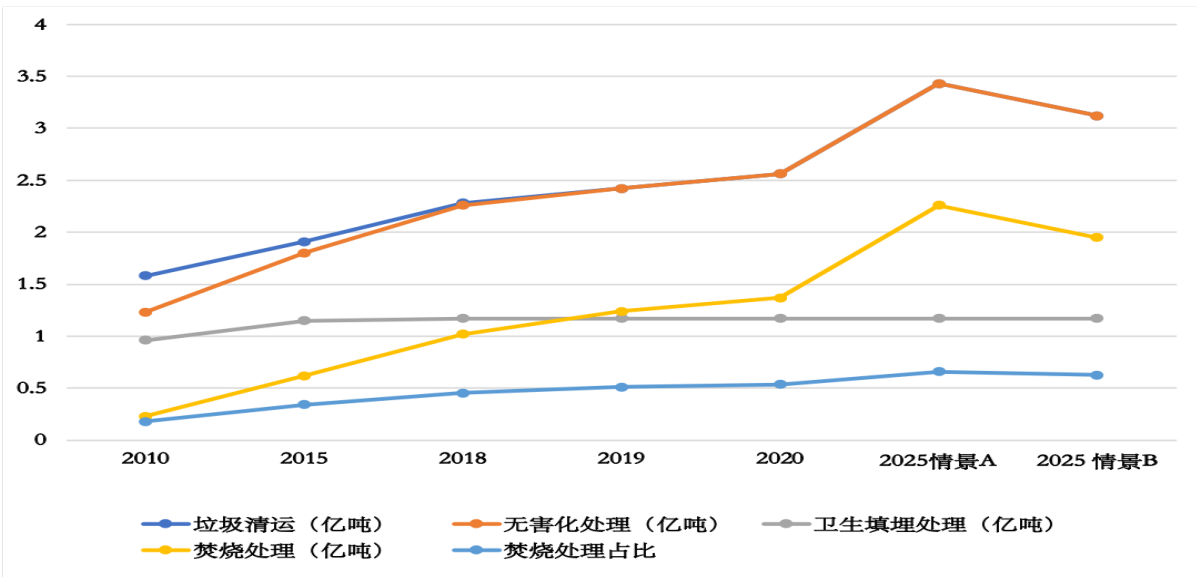
中国、德国和日本垃圾处理方式占比对比



*中国垃圾填埋和焚烧（2018年）；德国焚烧（2017年）、回收（2015年）；日本焚烧（2016年）、回收（2014年）

来源：《中国统计年鉴》、《Current State and Trend of Waste and Recycling in Japan》、《Waste Management in Germany 2018》

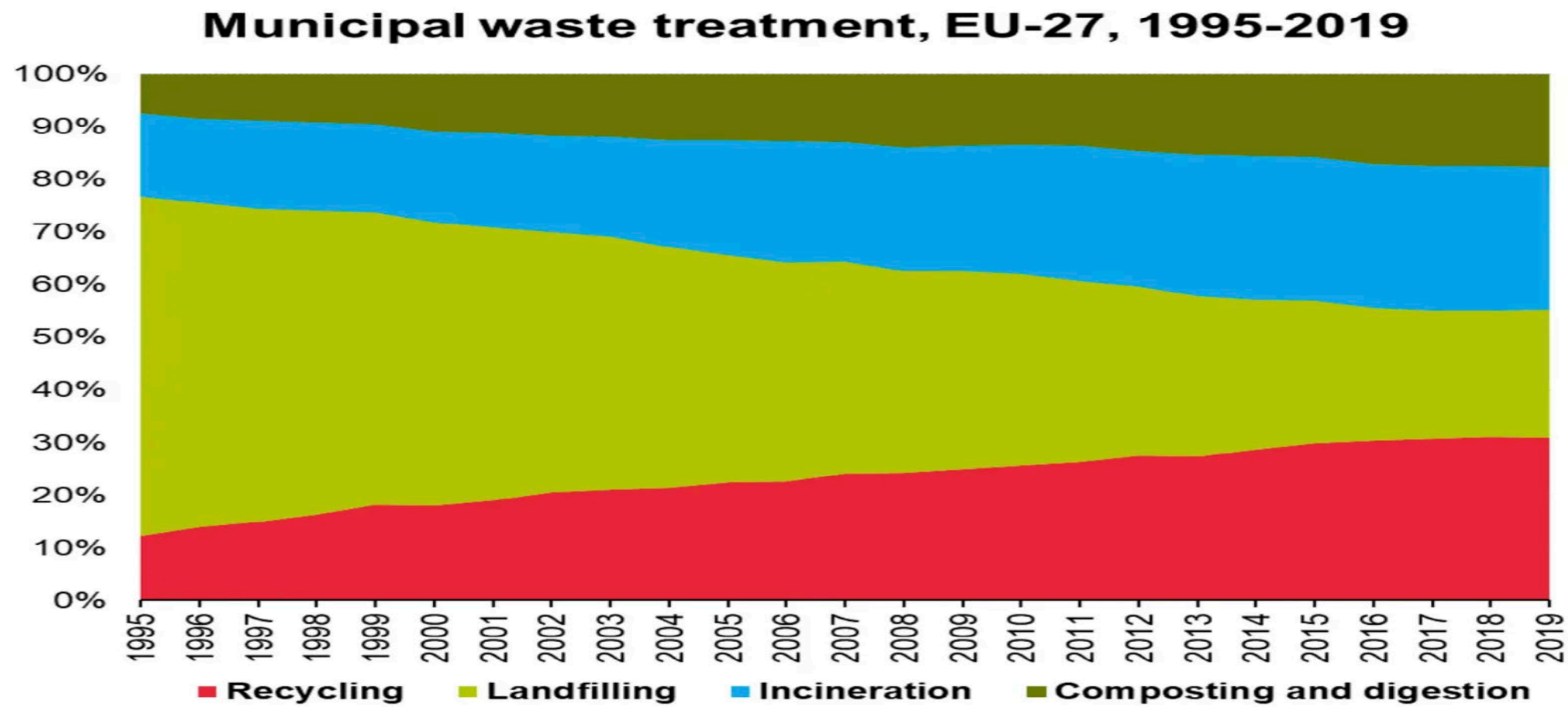
中国市政固废处理方式占比变化，2010-2025



来源：《中国统计年鉴》；注：2020、2025年的数据根据情景分析而得。



欧盟MSW处理方式占比变化，1995-2019



Note: estimated by Eurostat.

Source: Eurostat (online data code: env_wasmun)

源头减量：监管和技术的竞争；减排效果

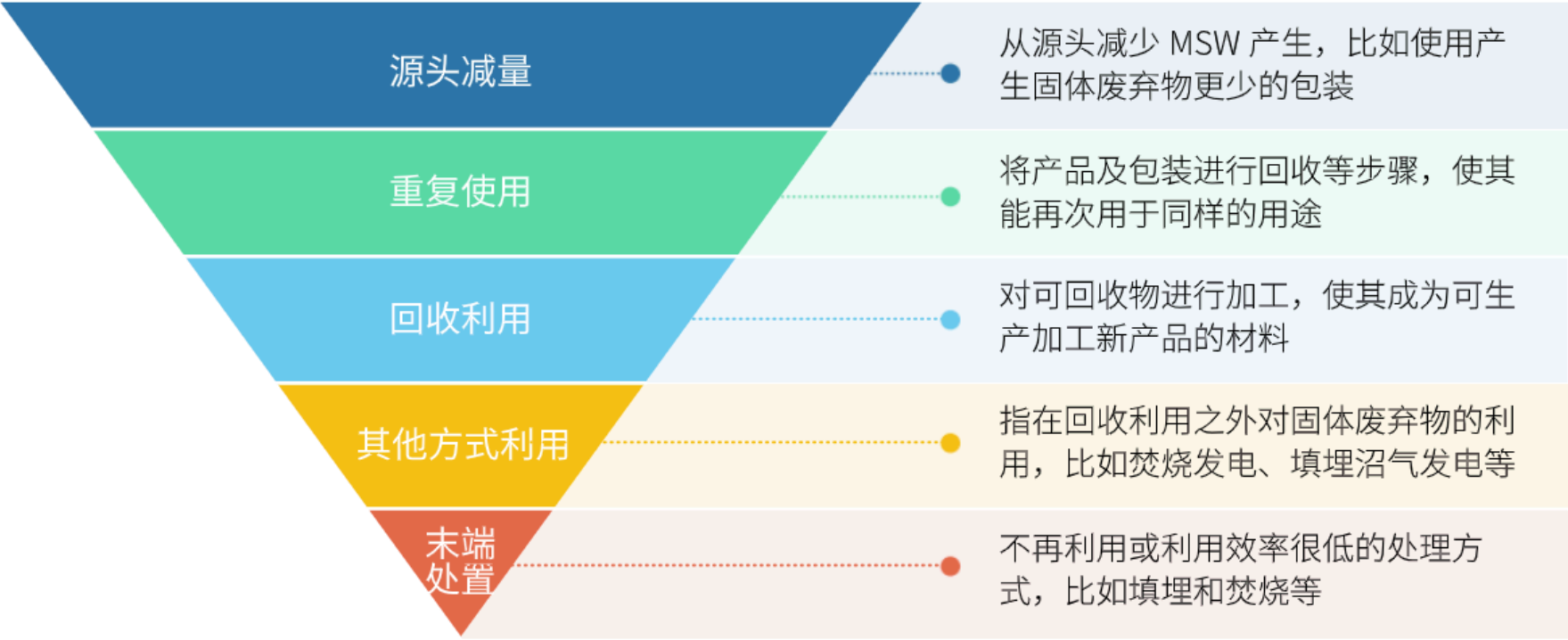


图 1 欧盟提出的固体废弃物管理层级架构

源头减量：减排效果常常胜过回收利用

表 3 源头减量和回收利用带来的碳减排效应

材料	回收利用 *	源头减量 **	
	使用回收材料所带来的碳减排量 (吨 CO ₂ e/ 吨)	替代混合材料带来的碳减排量 (吨 CO ₂ e/ 吨)	替代 100% 原生材料带来的碳减排量 (吨 CO ₂ e/ 吨)
报纸	0.76	1.33	1.62
杂志	0.84	2.36	2.44
教材	0.85	2.50	2.58
办公纸张（打印、复印纸）	0.78	2.18	2.26
瓦楞板	0.85	1.52	2.21
铁罐	0.49	0.87	1.01
铝罐	3.70	2.24	4.27
玻璃	0.08	0.16	0.18
轮胎	1.75	3.81	3.81
高密度聚乙烯（HDPE）	0.38	0.49	0.54
低密度聚乙烯（LDPE）	0.46	0.62	0.64
聚乙烯对苯二甲酸脂（PET）	0.42	0.57	0.59

* 来源：美国环保署（EPA）2006 年 9 月发布的《固体废弃物管理和温室气体：排放和沉积的生命周期评价》（第三版），Exhibit 3-8.

** 来源：美国环保署（EPA）2006 年 9 月发布的《固体废弃物管理和温室气体：排放和沉积的生命周期评价》（第三版），Exhibit 3-1.

哪种处理方式碳排放贡献最大？

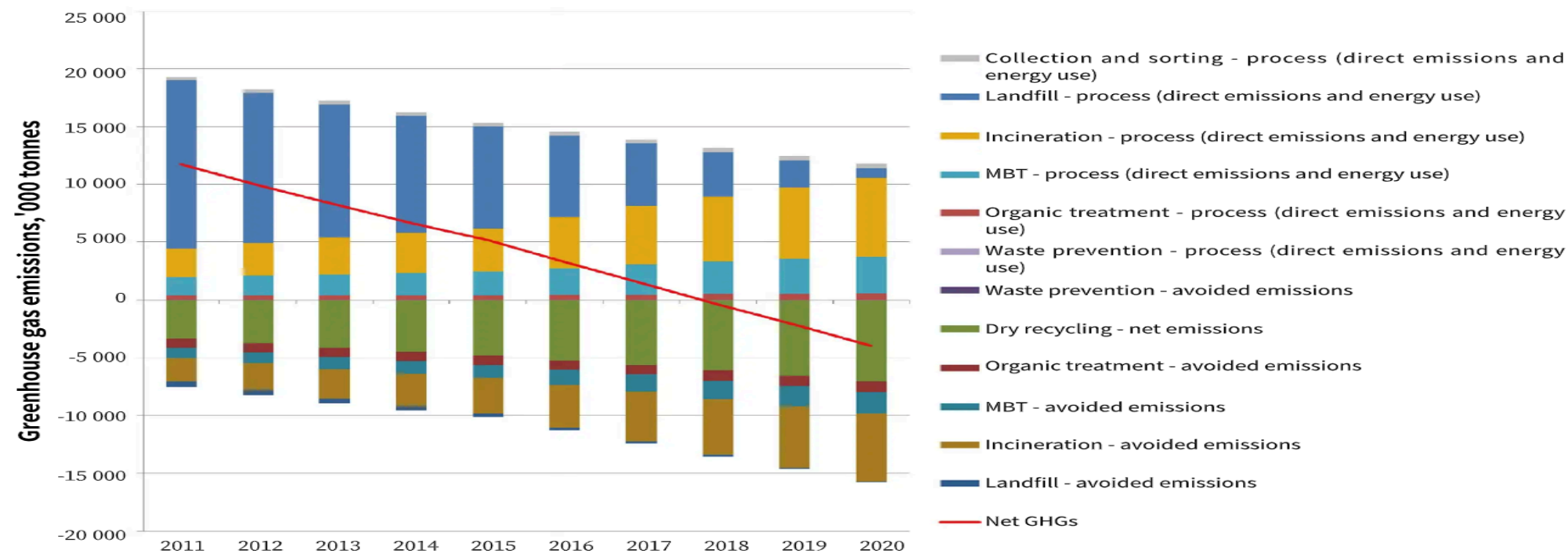
表 1 欧盟 MSW 温室气体排放组成与 MSW 焚烧能源化利用的碳排放（单位：万吨 CO₂ 当量）

	欧盟（不包括英国）		德国	
废弃物部门	1990 年	2019 年	1990 年	2020 年
卫生填埋	15809	8409	3420	719
非卫生填埋	2804	1219	0	0
发酵	96	838	4	101
堆肥	61	372	3	31
焚烧（无能源化利用）	606	393	0	0
总计	19376	11231	3427	851
能源部门	1990 年	2019 年	1990 年	2020 年
焚烧（有能源化利用）	1149	4746	412	1385

来源：根据《1990-2019 欧盟温室气体排放清单和 2021 年清单报告》所提供的废弃物部门排放的数据整理（参见报告 773-799 页）。

报告链接：<https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-inventory-2021>

哪种处理方式碳排放贡献最大？



Source: ETC/WMGE, calculation based on the European Reference Model on Waste
Note: Results presented in this figure should not be used for the compilation of greenhouse gas reporting for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) national inventory report, or be compared with IPCC figures, as the methodology employed here relies on life-cycle thinking and, by definition, differs substantially from the IPCC methodology.

图 5 英国 MSW 温室气体排放情景，2011-2020 ²³

堆肥的减排效果

➤ 分散式堆肥，可以实现固碳60千克/湿吨；集中式堆肥 50千克/湿吨；差别：交通排放10千克/湿吨

气候效应	原理	碳排放量（千克二氧化碳当量/湿吨生物质废弃物）
甲烷排放	好氧堆肥一般不产生甲烷（CH ₄ ）； 甲烷从堆肥料核心到达富氧的堆肥料表面的过程一般会氧化分解转化成二氧化碳；	0
碳储存	土壤碳恢复过程	-20
	土壤腐殖质增加	-50
碳排放	非生物相关（来自生物废弃物搜集和运输到集中点和机械翻料过程的能耗所对应的碳排放）	10
碳排放	生物相关碳排放（在堆肥过程和肥料返回土壤后发生的排放，由于其来源于生物质本身，因此不计入碳排放清单	0
净排放	储存的碳排放减去增加的碳排放	-50

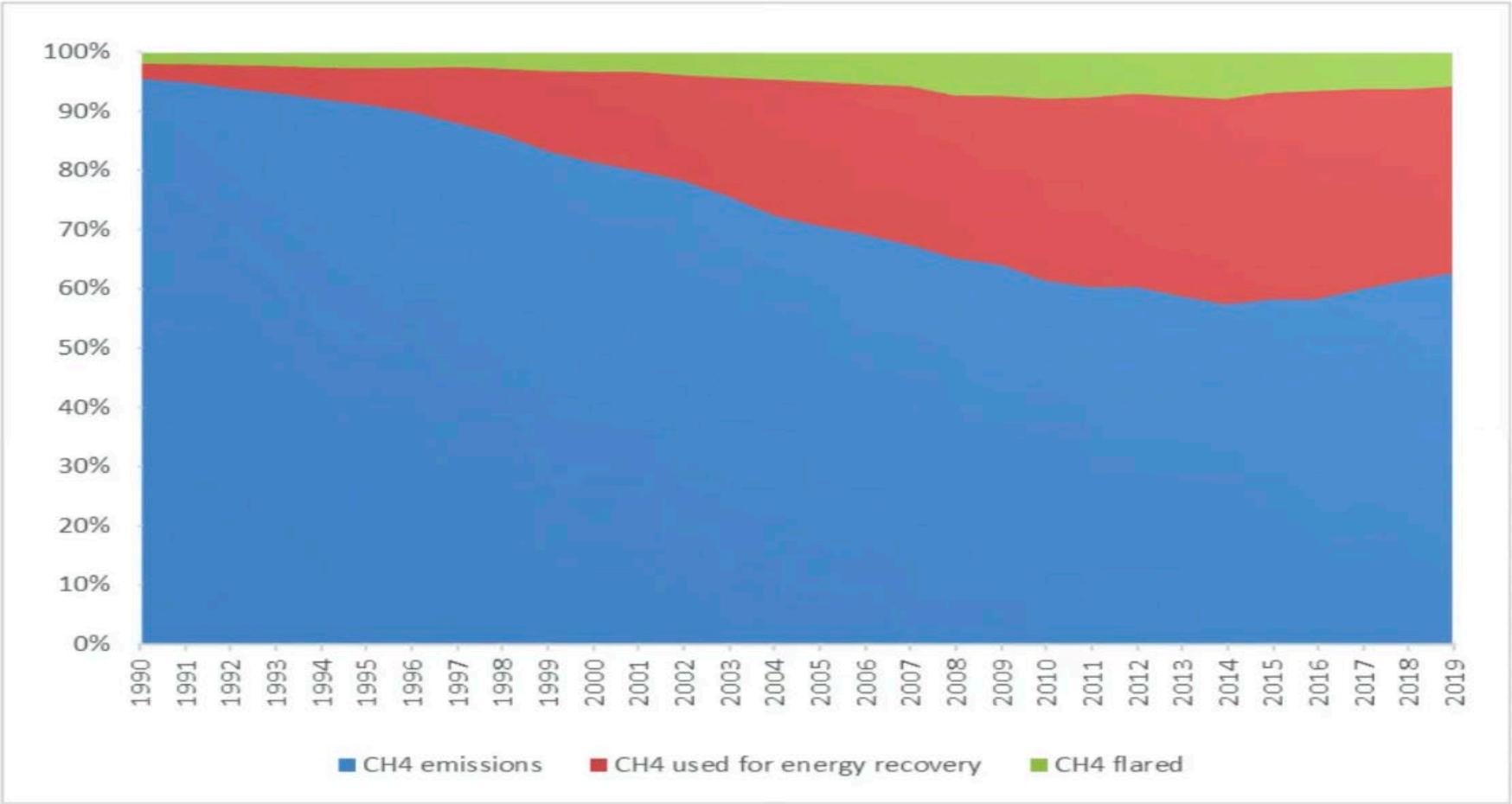
➤ 来源：美国环保署（EPA）2006年9月发布的《固体废弃物管理和温室气体：排放和沉积的生命周期评价》（第三版）





- 核证自愿减排 (CCER) 市场优先光伏和风电
- 基准排放量：没有甲烷回收的填埋场的排放量
- MSW焚烧厂的直接排放量受电网碳强度影响最大

甲烷治理



Source: CRF 2021, Table 5A

图 4 欧盟（除英国之外）卫生填埋的甲烷利用方式占比变化，1990-2019 21

焚烧是否低碳，关键是电网碳强度

混合生活垃圾焚烧发电碳排放（单位：千克CO₂^e/吨）

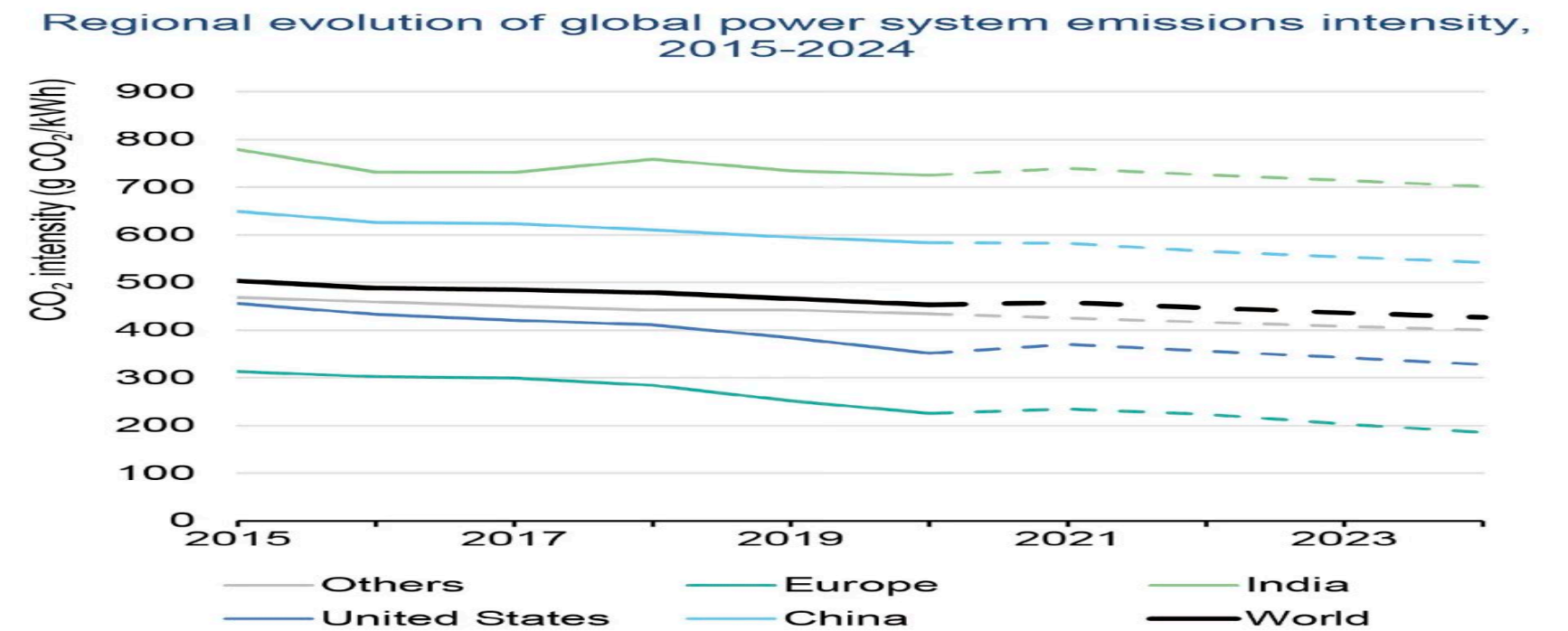
增加排放		避免的排放		净排放
非生物质焚烧过程的CO ₂ 排放	100	替代电网发电	-140	
焚烧过程中的N ₂ O排放	10	燃烧过程回收钢	-10	
垃圾运输的交通排放	10			
小计	120		-150	-30

来源：美国环保署（EPA）2006年9月发布的《固体废弃物管理和温室气体：排放和沉积的生命周期评价》（第三版）

➤ 影响MSW焚烧碳排放的因素

- 混合垃圾热值（10 Million Btu/ton）
- 燃烧（发电）系统效率（17.8%）
- 电网排放因子（避免单位发电碳排放）
 - 77kgCO₂E/Million Btu of Electricity Delivered
 - 0.17kgCO₂E/Kwh
- 燃烧过程的CO₂排放、N₂O（氧化亚氮）排放
- 垃圾运输碳排放

电力结构、电力碳排放强度和焚烧的减排效应



IEA. All rights reserved.

Source: IEA analysis based on data from IEA (2022), [Data and statistics](#).

图 6 全球各主要经济体电力系统碳排放强度²⁹



政策建议

- 宏观政策目标：2026-2030的五年计划应该设定“源头减量”的具体目标
- 针对企业：通过产品标准来落实循环经济战略
- 针对消费者：产品信息披露 + 责任和行动力
- 针对MSW焚烧：提高补贴的门槛
- 配合甲烷减排策略，要求新旧MSW填埋场都必须装有甲烷收集和利用设施

报告下载二维码



磐之石微信公众号

