

第八次生活垃圾焚烧处理技术与设备研讨会

中国城市生活垃圾焚烧与低碳发展论坛

2019年9月27日 | 西安

主题报告 | 刘建国教授, 清华大学环境学院

中国生活垃圾处理系统温室气体与污染物协同减排路径分析



China Integrated
Waste Management
NAMA

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



中国城市环境卫生协会
China Association of Urban Environmental Sanitation

NAMA Facility

On behalf of



National Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety



Department for
Business, Energy
& Industrial Strategy



Danish Ministry
of Energy, Utilities
and Climate



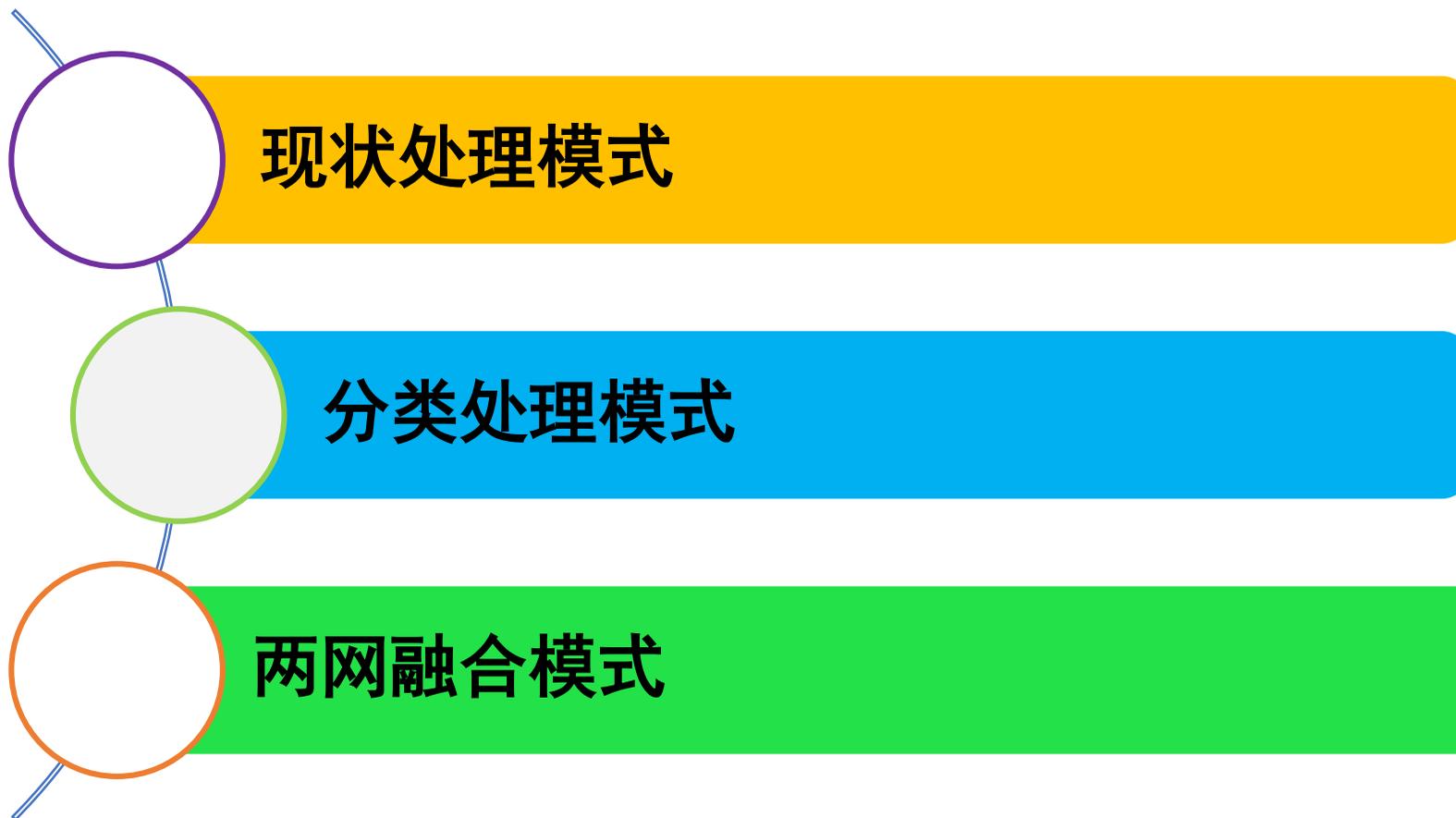
中国生活垃圾处理系统温室气体 与污染物协同减排路径分析

刘建国

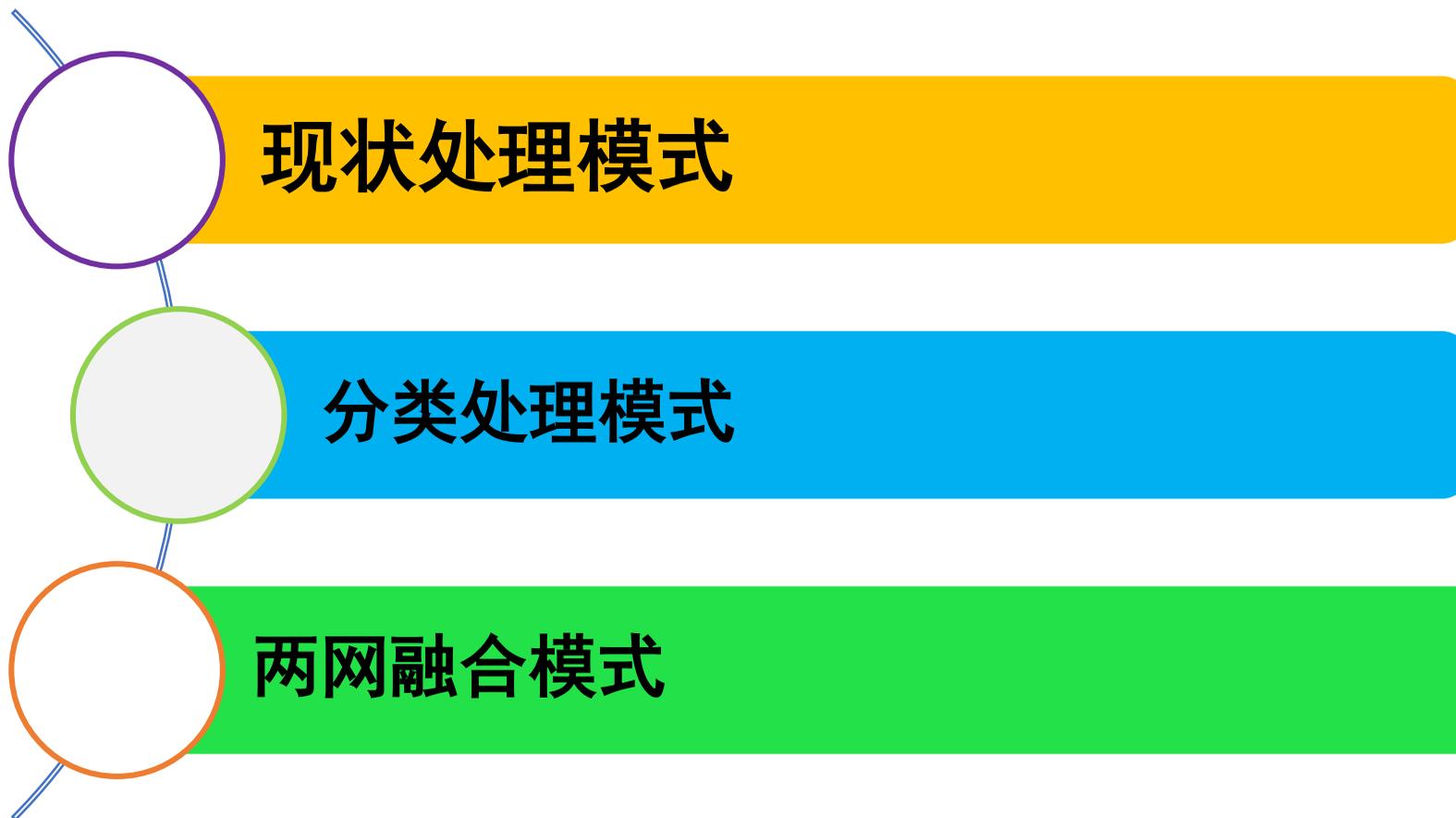
教授，博士
清华大学环境学院

第八次生活垃圾焚烧处理技术与设备研讨会，西安，2019.9.26-28

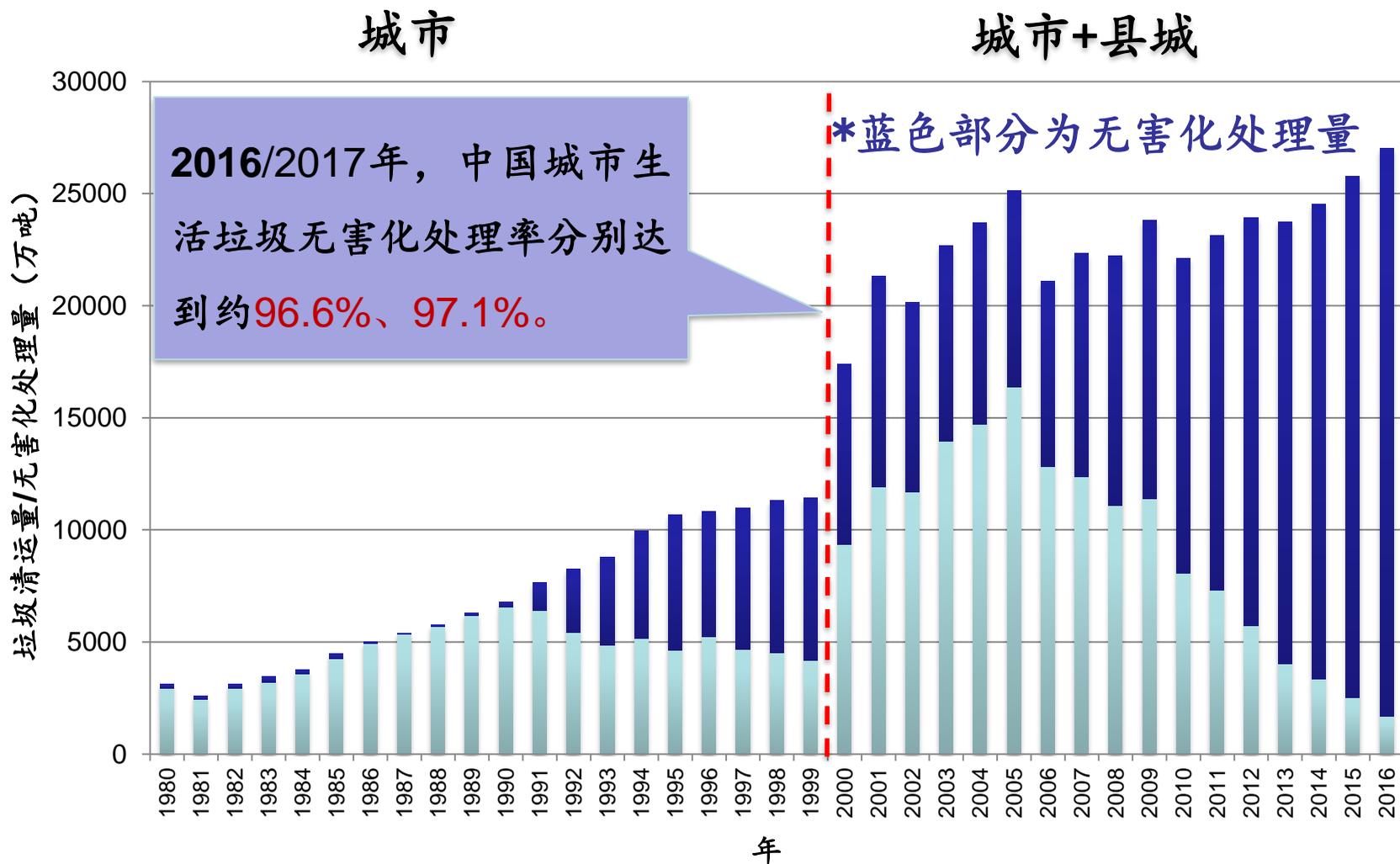
目录



主要内容



我国生活垃圾无害化处理状况

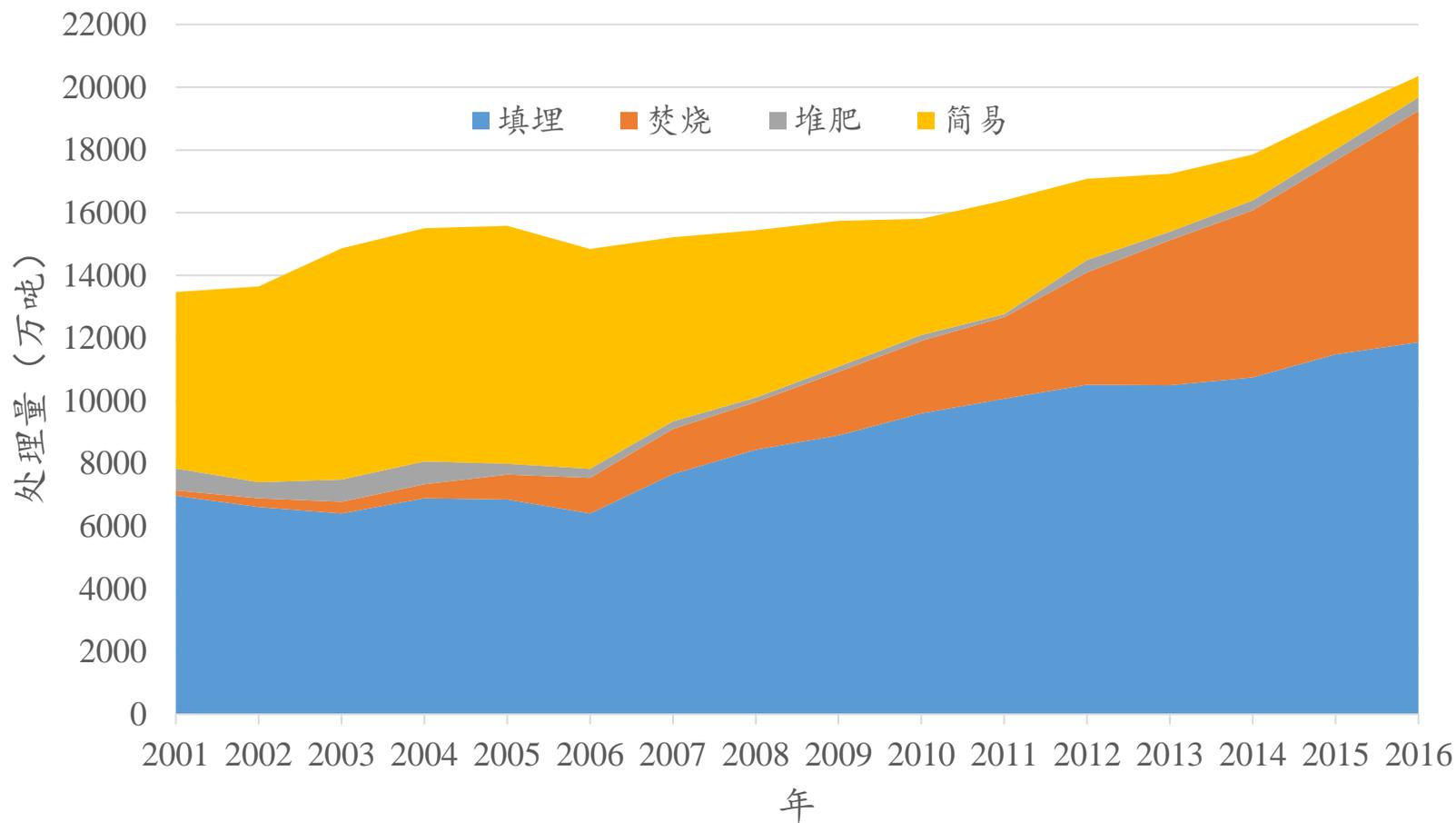


从无到有

从差到好

从好到优

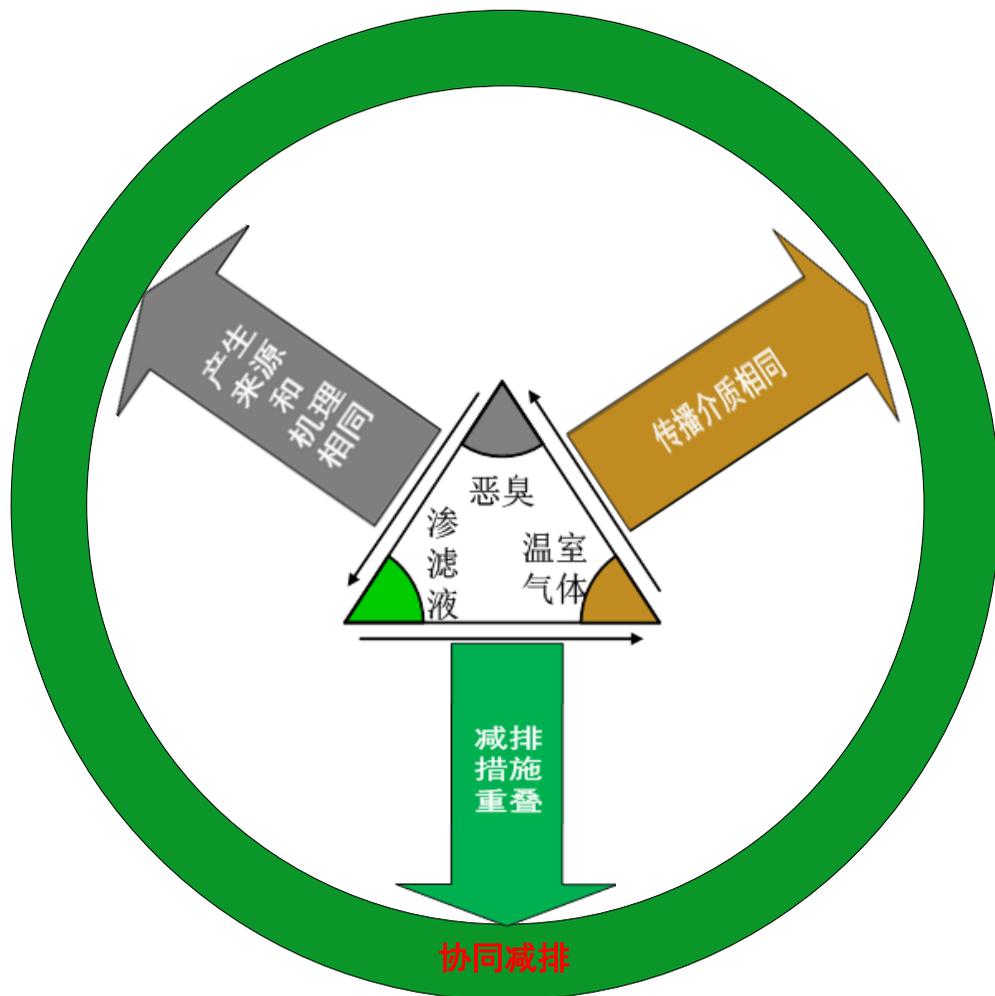
我国生活垃圾无害化处理状况



垃圾处理系统温室气体与污染物协同减排



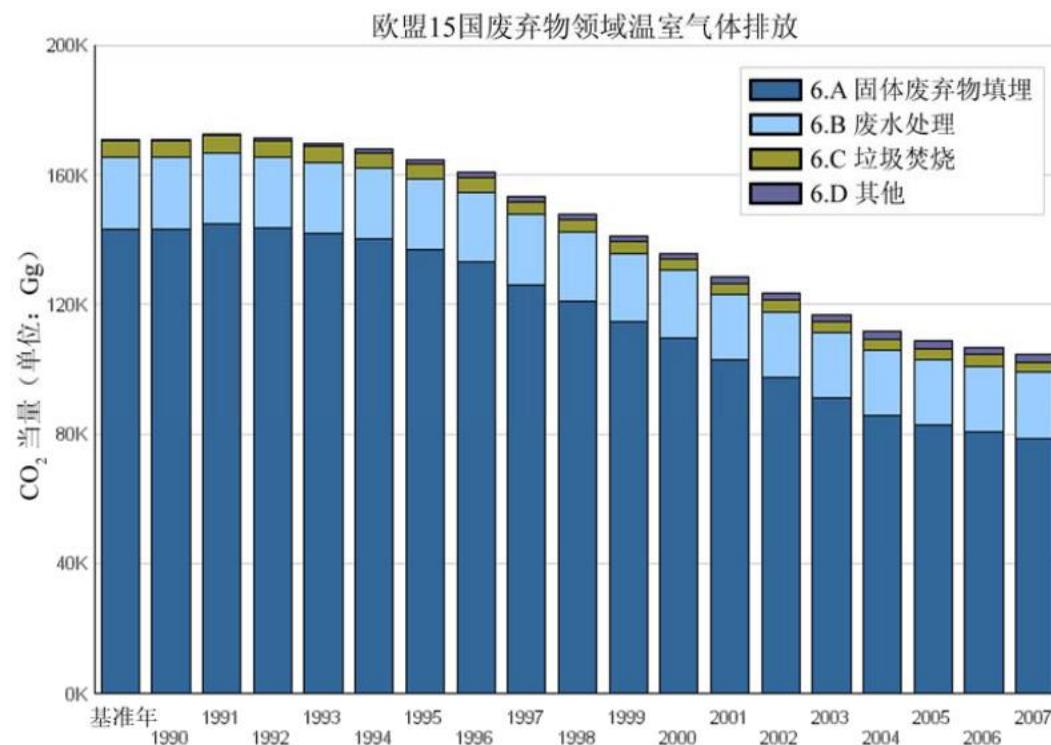
- 对生活垃圾处置设施污染控制技术进行延伸、拓展和强化，即可同步大幅削减温室气体排放
- 对生活垃圾处置设施温室气体减排技术进行诊断、优化和提升，也可同步提高恶臭气体和渗滤液等二次污染控制水平
- 相互补充，相互促进



欧盟固废领域温室气体减排经验



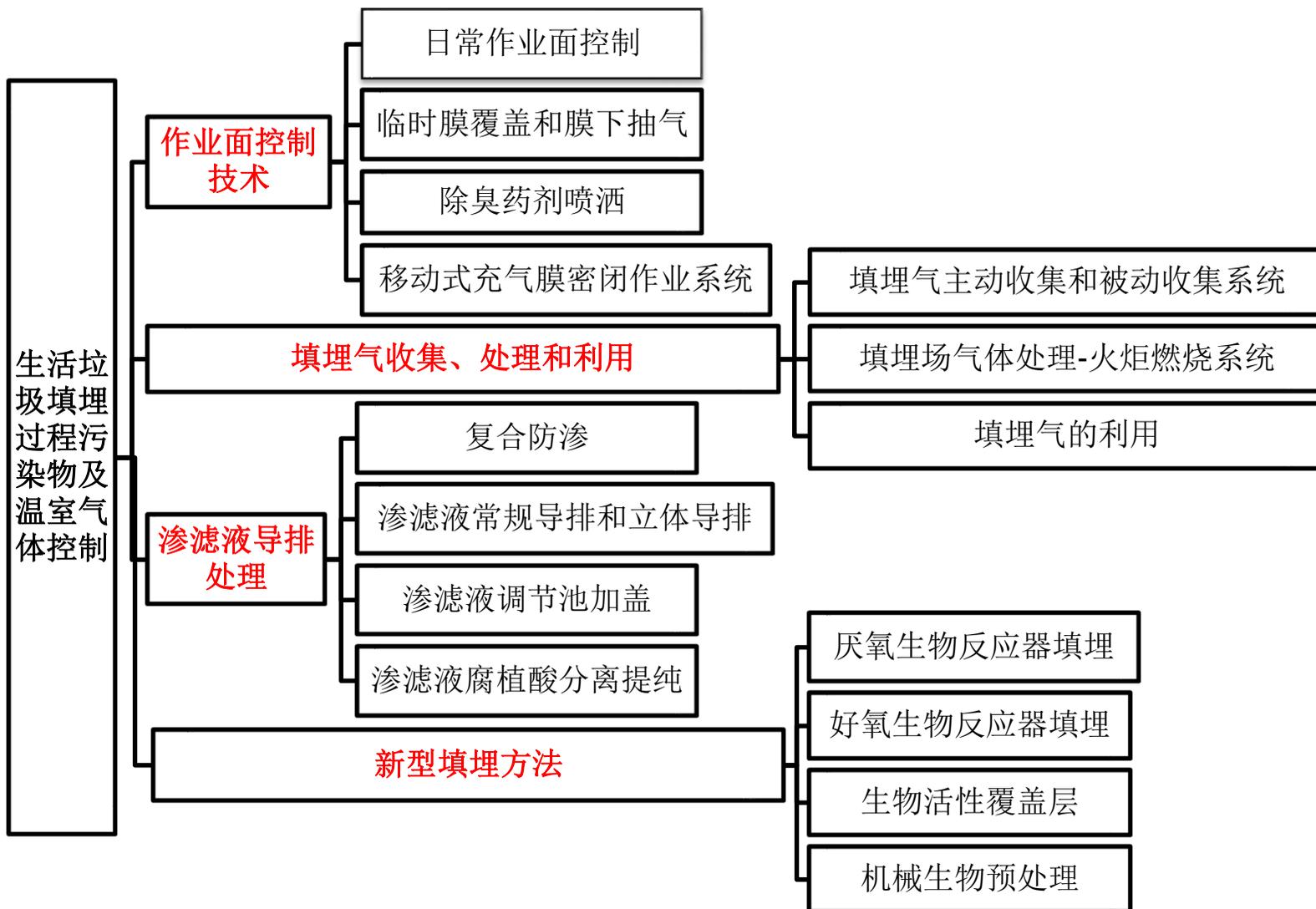
1990-2007年，欧盟15国废弃物领域温室气体排放主要源于垃圾填埋。2007年，垃圾填埋排放占欧盟15国废弃物管理领域排放总量的75%。从减排效果看，填埋过程（占废弃物领域减排量的97.2%）减排效果最好，减排当量为64.64Tg CO₂ Eq.（减排率45.1%），其次是垃圾焚烧（仅占废弃物领域减排量的4.2%），减排当量为2.8Tg CO₂ Eq.（减排率54.1%）。



Source: UNFCCC Data Interface, Friday, 05 February 2010 04:55:36 CET
Annual greenhouse gas (GHG) emissions for European Community (15)
Query results for Party: European Community (15) - Years: All years - Category: 6 - Waste - Gas: Aggregate GHGs

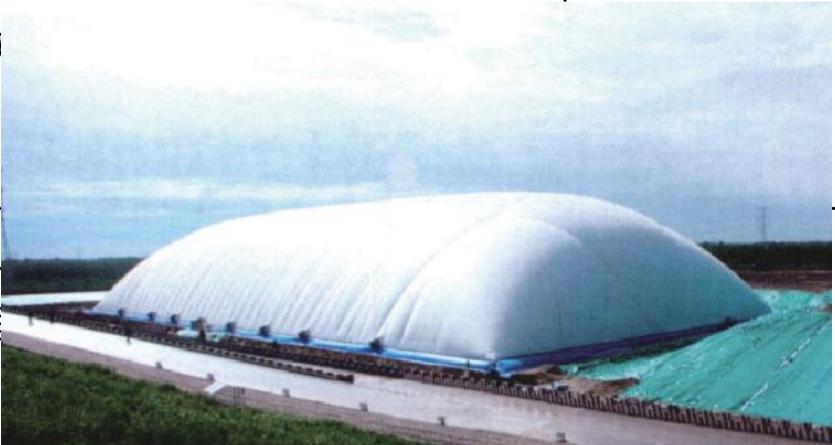
图 3-1 1990-2007 年欧盟 15 国废弃物管理领域温室气体排放

填埋场污染物和温室气体协同处理技术评估



填埋场污染物和温室气体协同处理技术评估



技术分类	技术名称	适用范围	减排项目说明	CH ₄ 减排效率(技术实施/不实施该技术)	目前在填埋场中的实际应用情况说明
作业面控制	临时膜覆盖	作业控制技术能同时起到减少渗滤液产生量，减少甲烷和恶臭的释放的作用，是目前填埋场日常操作最值得采用的技术。	减少渗滤液 减少温室气体	与填埋	
	除臭药剂喷洒	环境较为敏感的填埋场	减少		
	移动式充气膜密闭作业系统	环境极为敏感的填埋场	彻底进入最大		

填埋场污染物和温室气体协同处理技术评估



技术分类	技术名称	适用范围	减排项目说明	CH ₄ 减排效率(技术实施/不实施该技术)	目前在填埋场中的实际应用情况说明
填埋气收集、处理和利用	填埋气竖井收集	所有卫生填埋场	减少恶臭气体、温室气体排放	配合填埋场填埋气处理系统使用, 收集效率在 20-30%	卫生填埋场: 100%
	填埋气水平收集	对于大型填埋场, 对填埋气进行有效收集和利用是重要的能量回收手段, 继续开发填埋气提纯技术, 开展大型填埋场沼气的热电联用技术, 同时达到恶臭减排和填埋气利用的双重目标。	更为高效地减少恶臭气	配合填埋场填埋气处理系统, 在 60-70%	卫生填埋场: 10-20%
	填埋气火炬			系统联合使用, 燃烧, 燃烧效率左右	填埋规模大于250万吨的卫生填埋场: 100% 填埋规模小于250万吨的卫生填埋场: 50%



填埋场污染物和温室气体协同处理技术评估



技术分类	技术名称	适用范围	减排项目说明	CH ₄ 减排效率(技术实施/不实施该技术)	目前在填埋场中的实际应用情况说明
渗滤液导排处理	复合防渗	所有卫生填埋场	控制渗滤液COD、NH ₃ -N、重金属污染地下水	对于CH ₄ 排放效果影响较小	卫生填埋场： 50-70%
	渗滤液常压导排	所有卫生填埋场	控制渗滤液COD、NH ₃ -N、重金属污染地下水和地表	通过减少填埋场内部渗滤液总量达到控制有机物生物转	卫生填埋场： 100%
	渗滤液				卫生填埋场：5-10%
	渗滤液调节池加盖	卫生填埋场	排放	境所产生的部分CH ₄ ，因此有一定的CH ₄ 削减效果	卫生填埋场： 60-70%
	渗滤液处理(MBR+NF/RO)	所有卫生填埋场	去除渗滤液COD、NH ₃ -N、重金属等，减少恶臭气体、温室气体排放	对于CH ₄ 排放影响较小	卫生填埋场： 20-30%

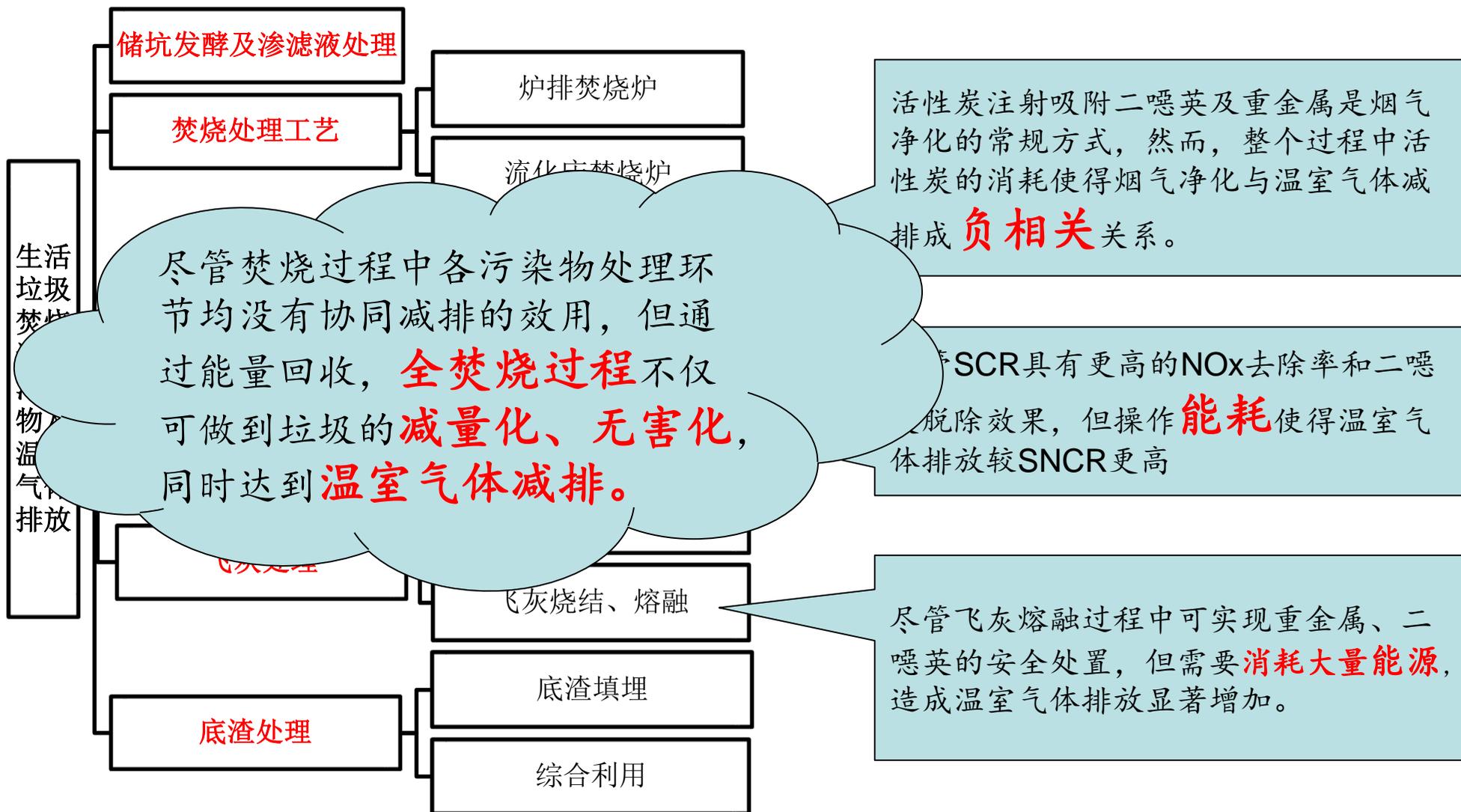
目前填埋场内部积水严重，导排不畅，影响了填埋气收集效率。发展渗滤液立体导排系统，有助于水、气导排状况的协同改善，减少由于渗滤液积累产生的恶臭和温室气体排放加剧等问题。

填埋场污染物和温室气体协同处理技术评估



技术分类	技术名称	适用范围	减排项目说明	CH ₄ 减排效率(技术实施/不实施)	目前在填埋场中的实际应用情况说明
新型填埋方式	生物活性覆盖层	中小型填埋场管理	生物活性覆盖层对中小型填埋场吸引力更强，因为其建设和运行成本较低。然而目前，覆盖层的选料还较为随意，多数研究处于模拟阶段，相关工程实际还有待于展开，需要积累更多的选料和设计经验。	甲烷和温室气体排放	目前尚处于研究与小规模示范应用阶段
	机械生物预处理	所有卫生填埋场	采用机械生物预处理工艺，对原始的生活垃圾进行分选和稳定，同时起到了入场垃圾减量化和减少入场有机物含量的目的，对于后续的厌氧填埋操作影响显著，不仅改善了渗滤液的产量和性质，对于加快填埋气的产生，削减臭气浓度，加速填埋场垃圾稳定都有重要作用，是一种重要的协同减排的方式。		尚没有工用实例
	厌氧生物反应器填埋	大中型填埋场管理要求			国内已超过填埋场在使项技术
	好氧生物反应器填埋	所有卫生填埋场，管理要求很高	降低渗滤液COD、NH ₃ -N污染负荷，将CH ₄ 转化为CO ₂ ，同时减少恶臭气体产生	运行良好的好氧填埋场甲烷减排效率>90%，但操作 能耗高 ，温室气体减排效果有限	国内仅内蒙古某填埋场曾经采用该技术

焚烧厂污染物和温室气体协同减排技术评估



垃圾处理污染物和温室气体协同处理技术评估



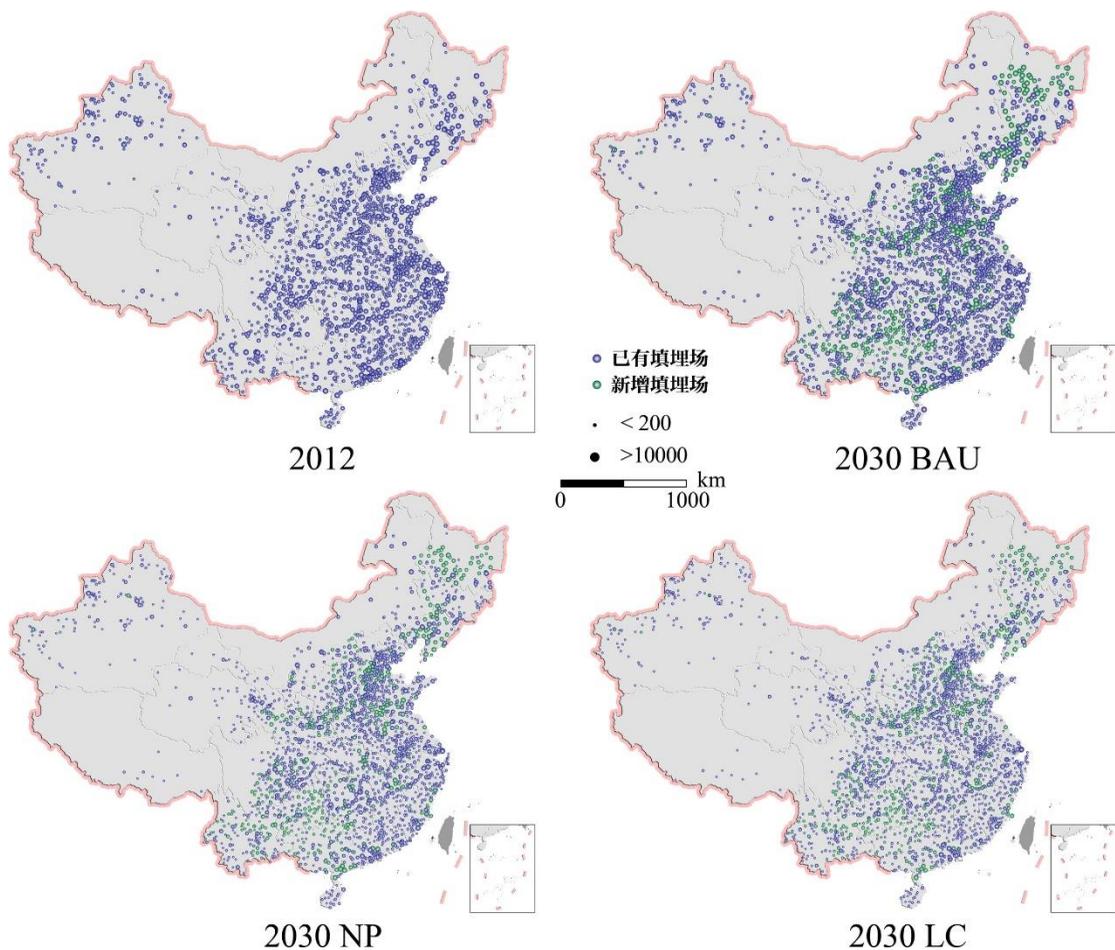
不同技术的投资运行成本、效率和温室气体减排潜力评估

关键技术		适用类型			减排成本	减排潜力	
全称	简称	I类	II类	III类	人民币/t CH ₄	t CH ₄	
填埋气直接减排	精细化填埋操作	RPL	√	√		5460	47755
	功能覆盖层	FSC	√	√	√	983	370301
	填埋气收集燃烧	LCF	√	√		1092	477547
	填埋气收集发电	LCP	√	√		1365	477547
	填埋气净化利用	LCPU	√	√		5897	740602
	渗滤液处理	LT	√	√	√	15650	23255
垃圾分类分流减排	机械生物处理技术	MBT				14742	530607
	循环型填埋技术	RL	√	√	√	819	444361
	焚烧后炉渣填埋	ML	√	√	√	2948	1008154

垃圾处理污染物和温室气体协同处理技术评估



2012年和2030年垃圾填埋场甲烷排放空间特征



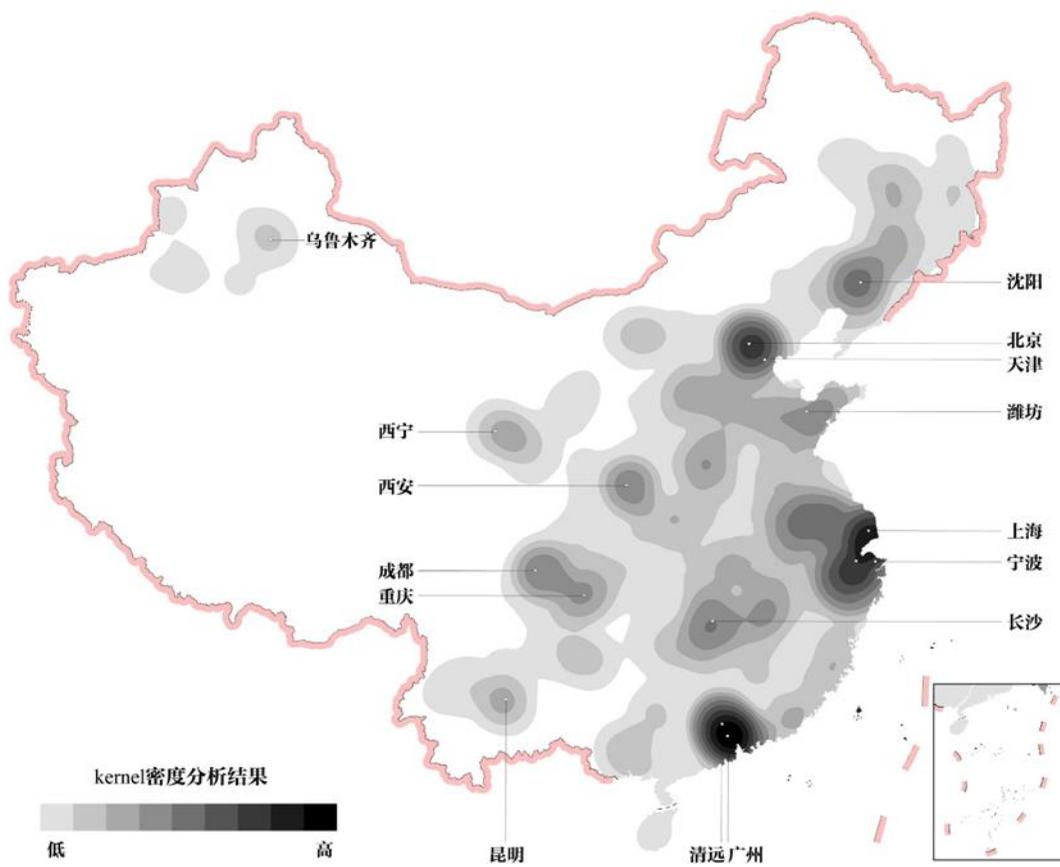
2012年，华东、华南、华北地区是前三大填埋场的 CH_4 排放地区，其年排放量分别达到**48.89万吨**、**21.90万吨**和**18.38万吨**。

华东、华南、华北地区填埋场的 CH_4 排放**主要来自于I类填埋场**，分别占各自区域 CH_4 排放总量的53.5%、66.4%和44.0%

垃圾处理污染物和温室气体协同处理技术评估



2012年和2030年垃圾填埋场甲烷排放空间特征



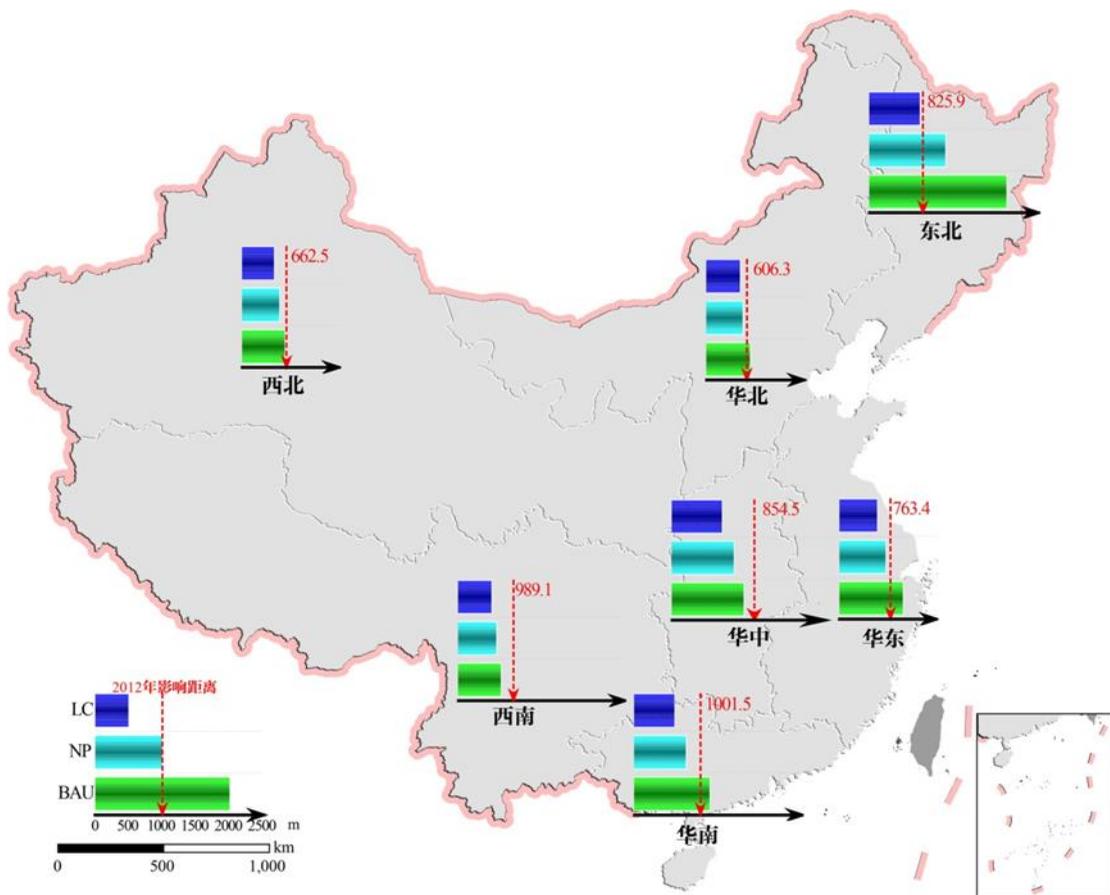
2030年，华东、华中、华南和东北地区若干填埋场其 CH_4 排放量将超过**10000 t**（**减排重点**）

填埋气收集燃烧和利用占到减排量的**38.60%**，其次是焚烧后炉渣填埋，占到减排量的**30.00%**（**减排途径**）

垃圾处理污染物和温室气体协同处理技术评估



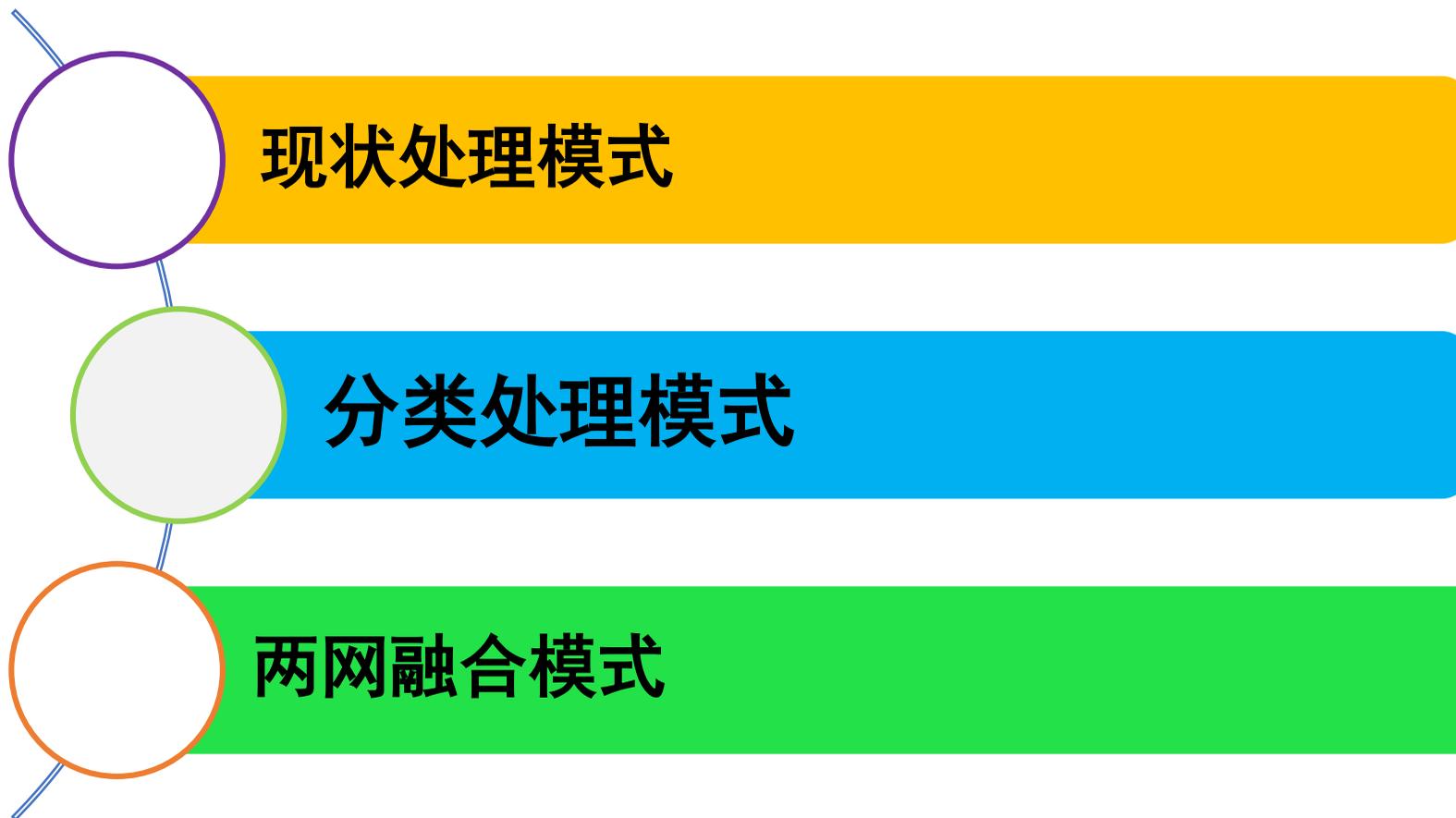
2012年和2030年垃圾填埋场恶臭气体影响变化



2012年填埋场恶臭平均影响距离为796 m，大多数填埋场恶臭影响距离大约在400~1000 m，少数(0.15%)超过10000 m。

在2030年BAU情境下，平均距离上升至970 m，东北和华南地区的最大影响距离分别达到2045 m和1135 m，而在NP和LC情景下，平均距离将分别减小至702 m和561 m。

目录



垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



垃圾组份

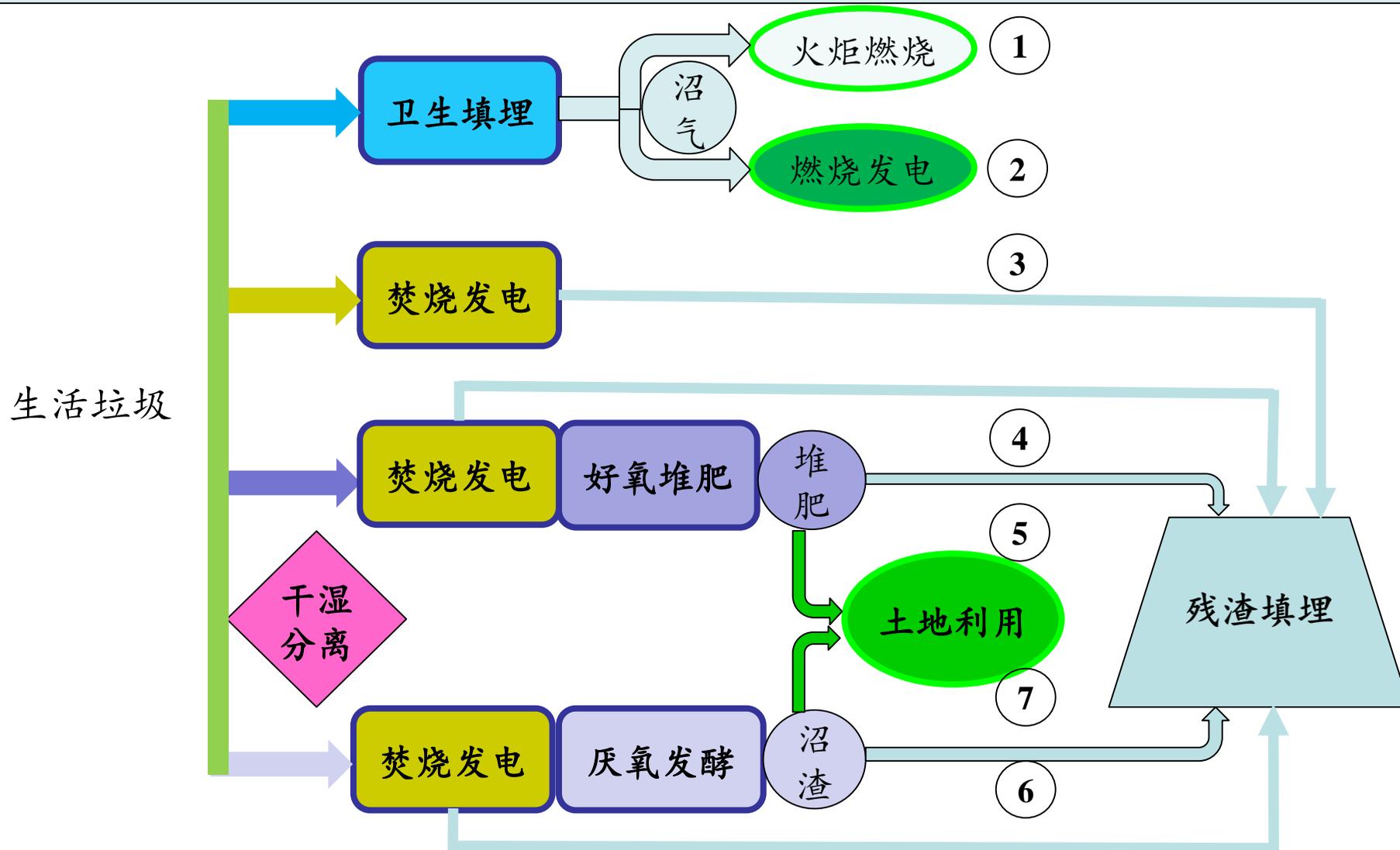
	厨余	纸类	橡胶、塑料	纺织	木竹	玻璃	金属	砖瓦、陶瓷	渣土
组分 (%)	55.9	8.5	12.0	3.2	2.9	5.0	4.6	3.9	7.9
含水率 (%)	77.3	36.1	42.3	63.4	46.1	3.4	2.5	2.3	0.0
LHV(MJ/kg)	1.9	9.4	21.5	5.8	9.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0
FCF (%)	0.6	0.5	99.4	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- 其湿基含水率为54.8%
- 高位热值 (HHV) 为6216 MJ/t
- 低位热值 (LHV) 为4875 MJ/t

垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



处理场景



垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



评价指标

温室气体减排

- 根据IOS14064标准计算计算各处置场景的温室气体排放量

减量率

- 各场景中削减/利用部分与原生垃圾的质量比

稳定化率

- 生物源碳的矿化率和固定率之和

物质回收率

- 经处理后被重新利用组分质量占原生垃圾质量的比值

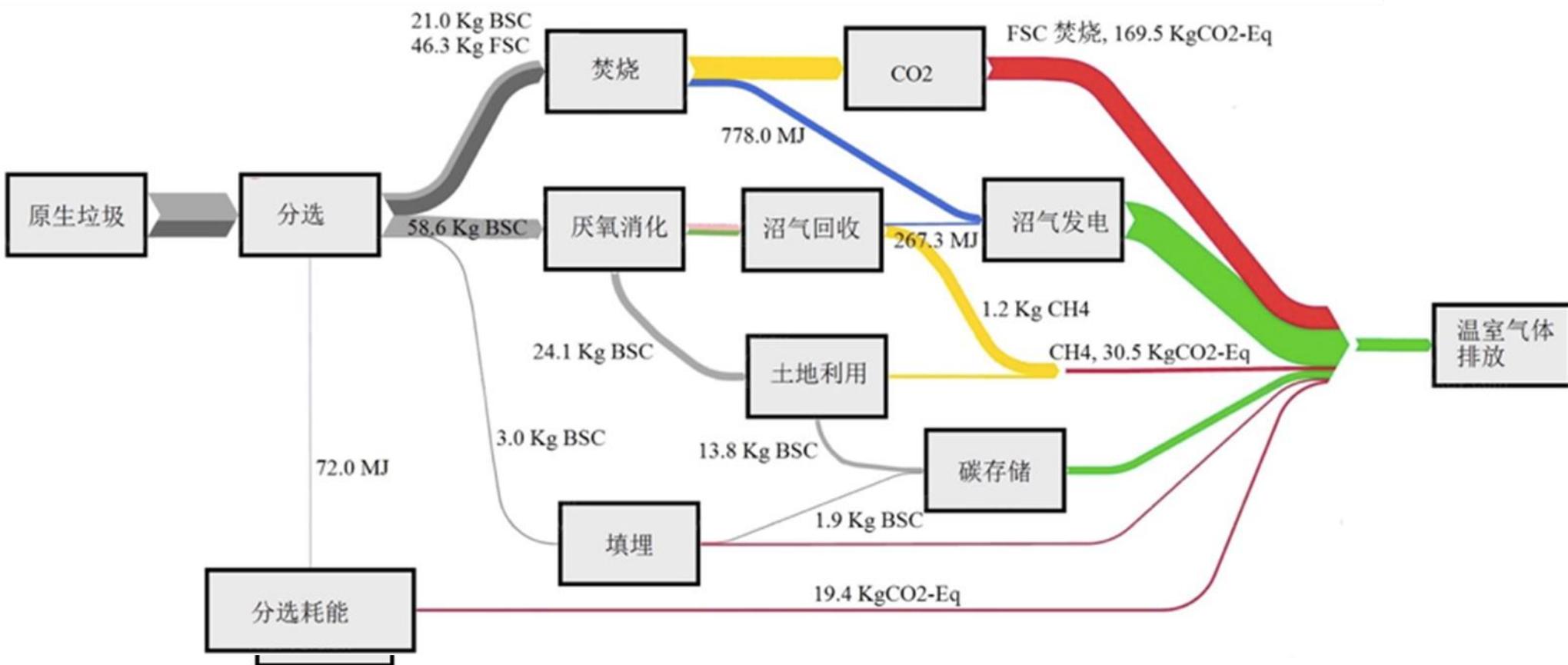
能量回收率

- 处理过程中向边界外额外提供的能量与原生垃圾自身所含能量的比值

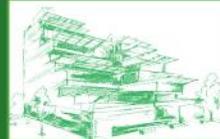
垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



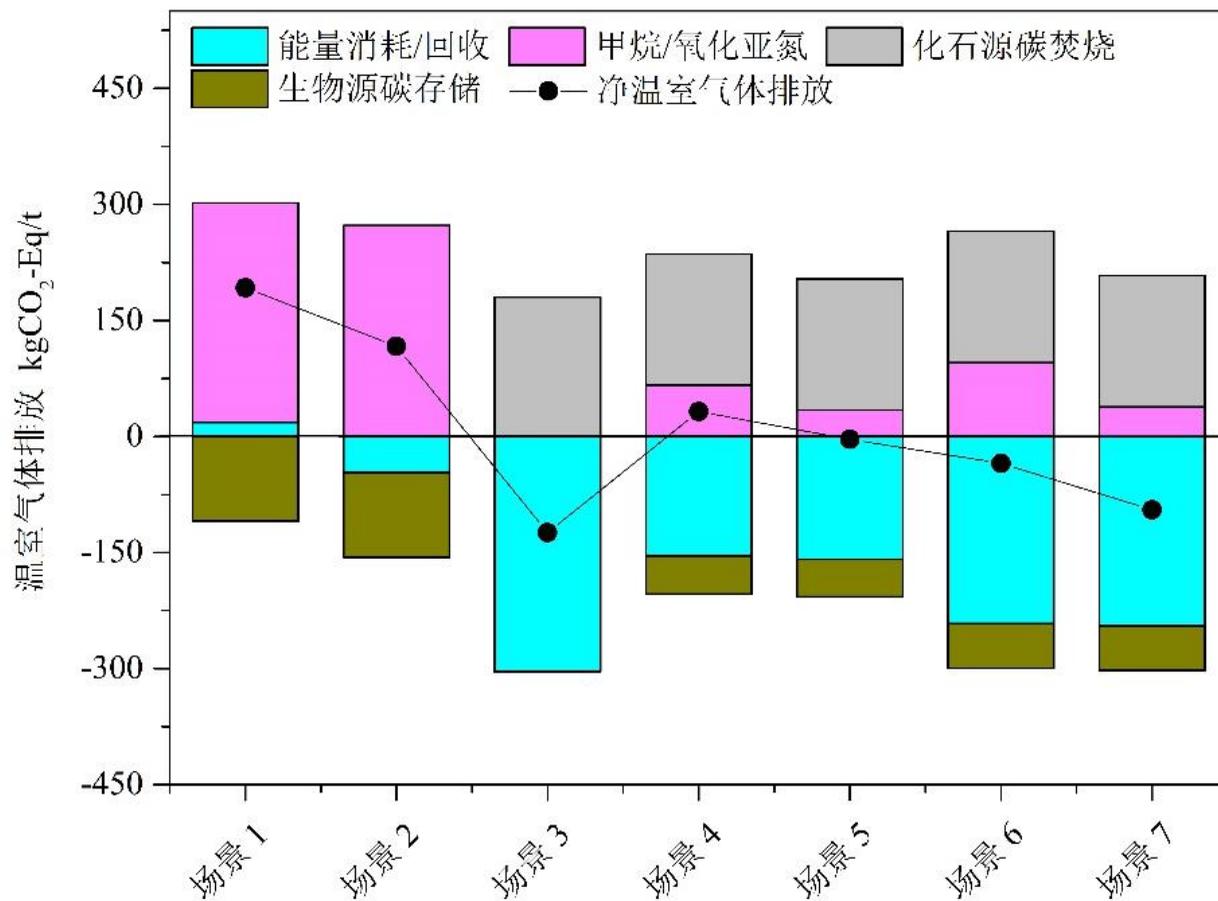
各场景碳流、能流与温室气体排放



垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



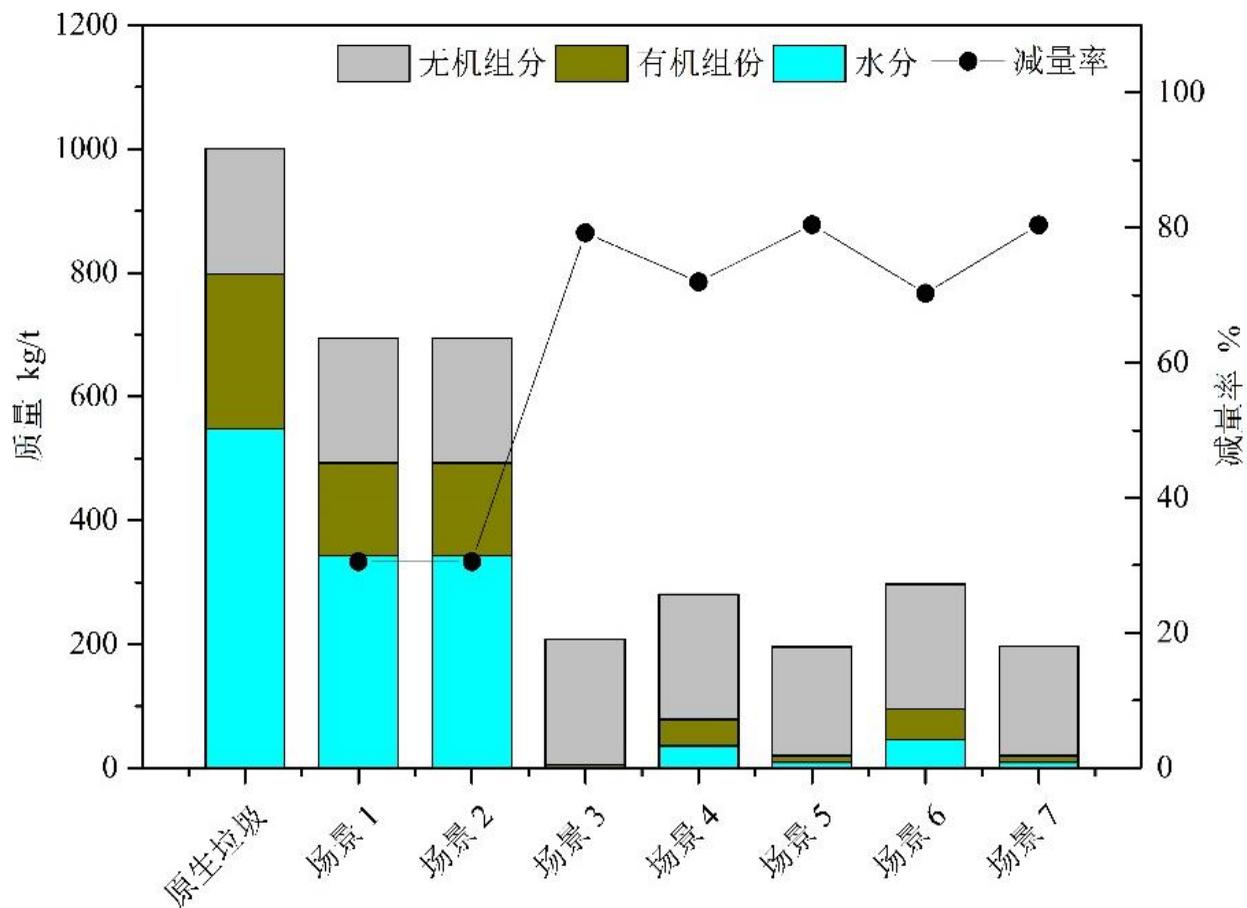
不同处置方式温室气体排放



垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



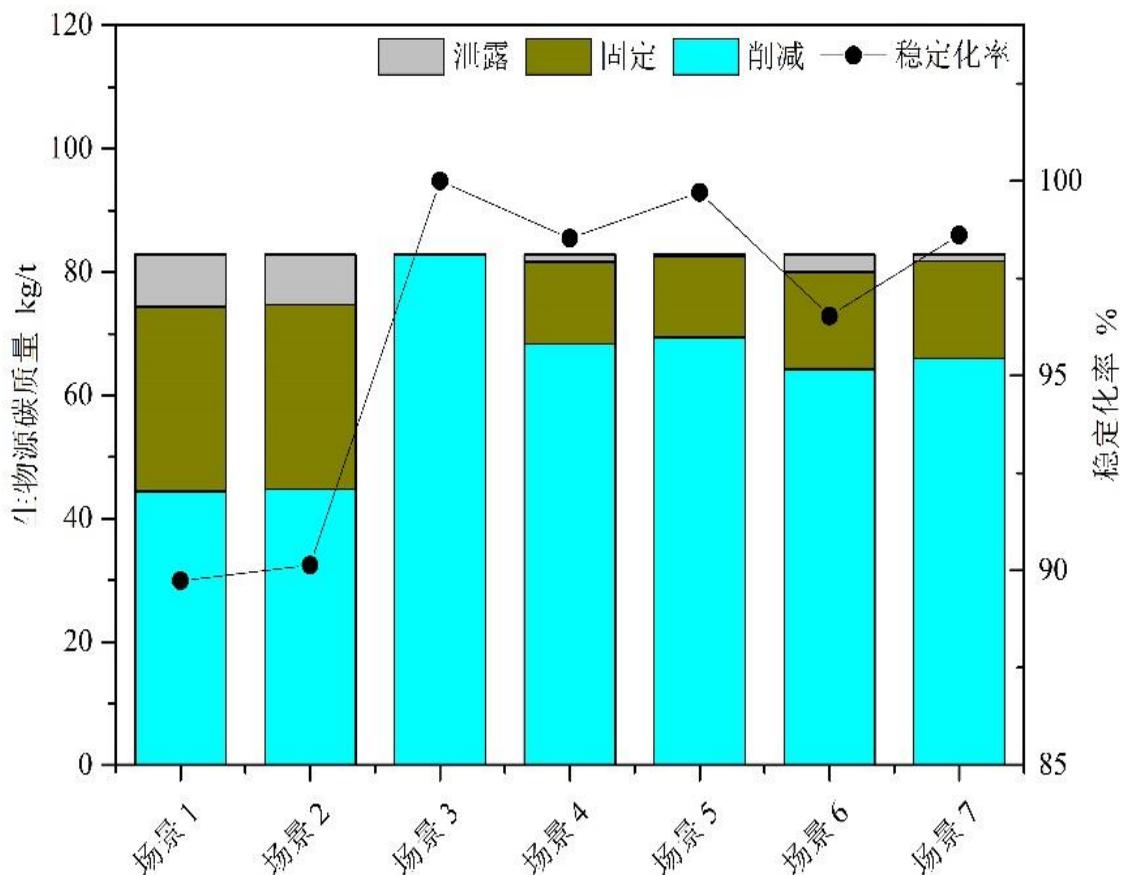
不同处置方式垃圾减量率



垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



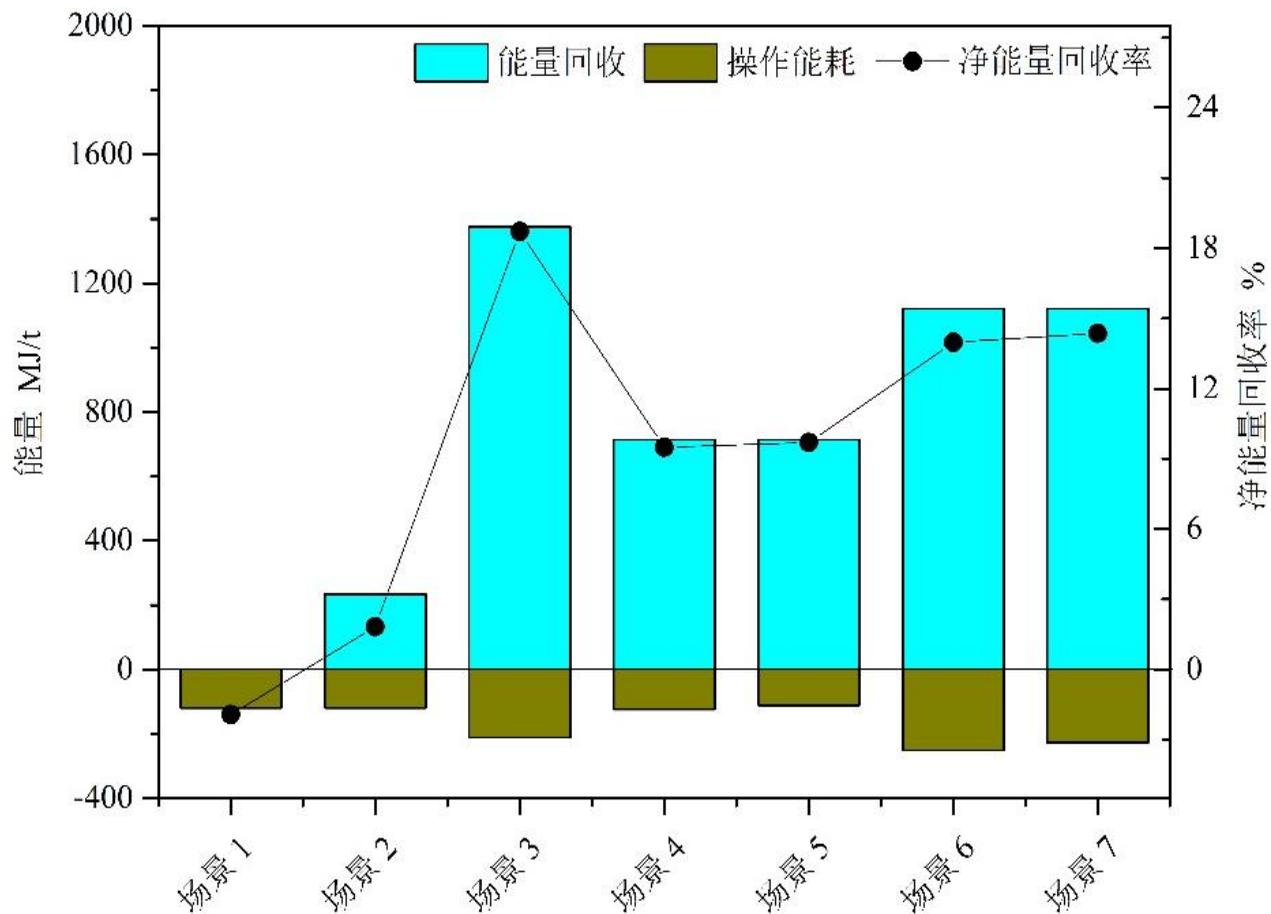
不同处置方式垃圾稳定化率



垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



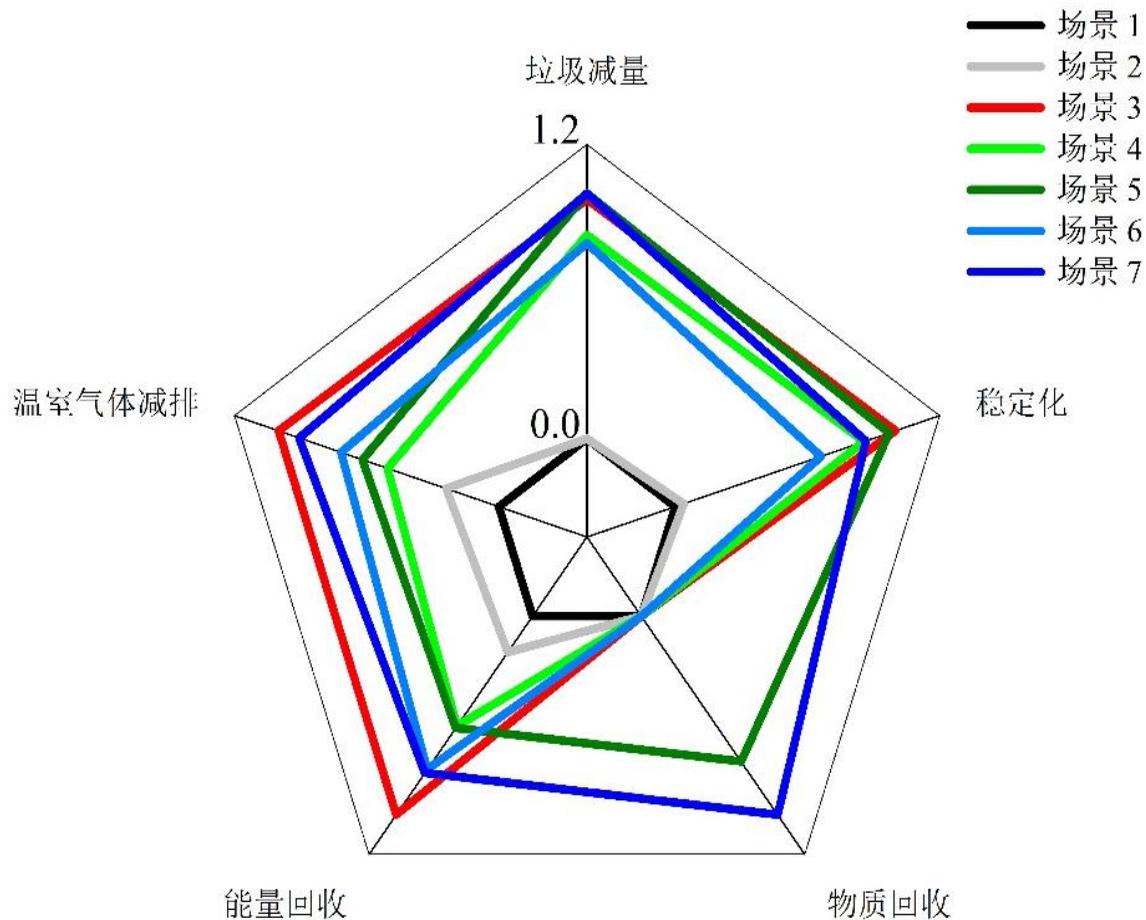
不同处置方式能量回收



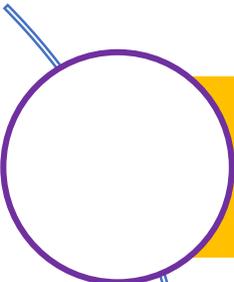
垃圾分类处理模式综合环境绩效评估



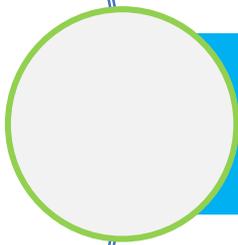
各场景综合对比



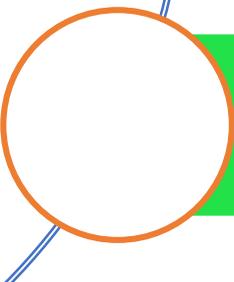
主要内容



现状处理模式



分类处理模式



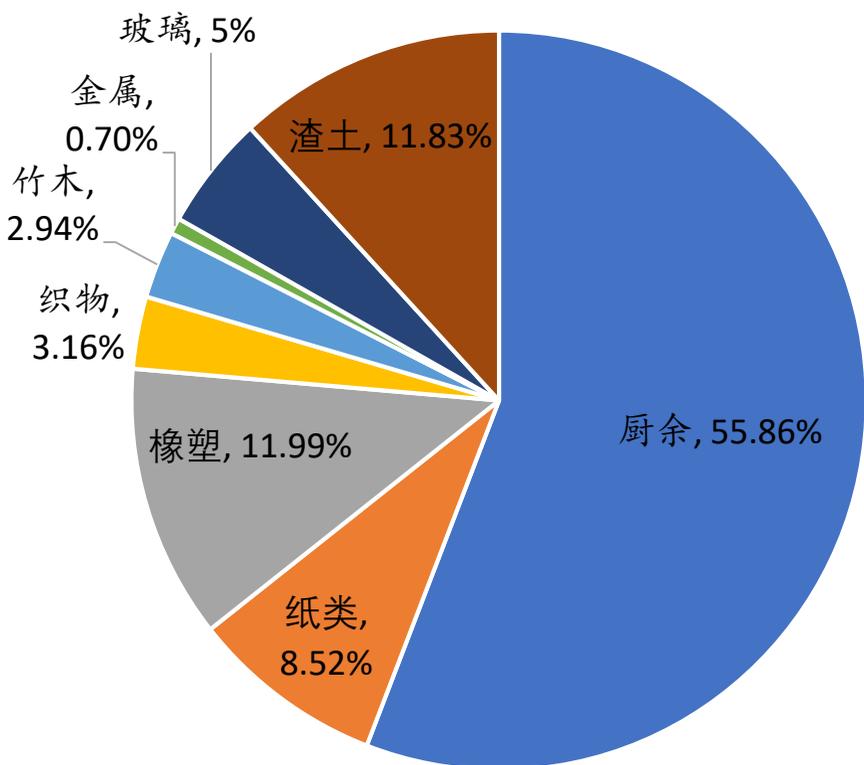
两网融合模式

两网融合模式综合环境绩效评估

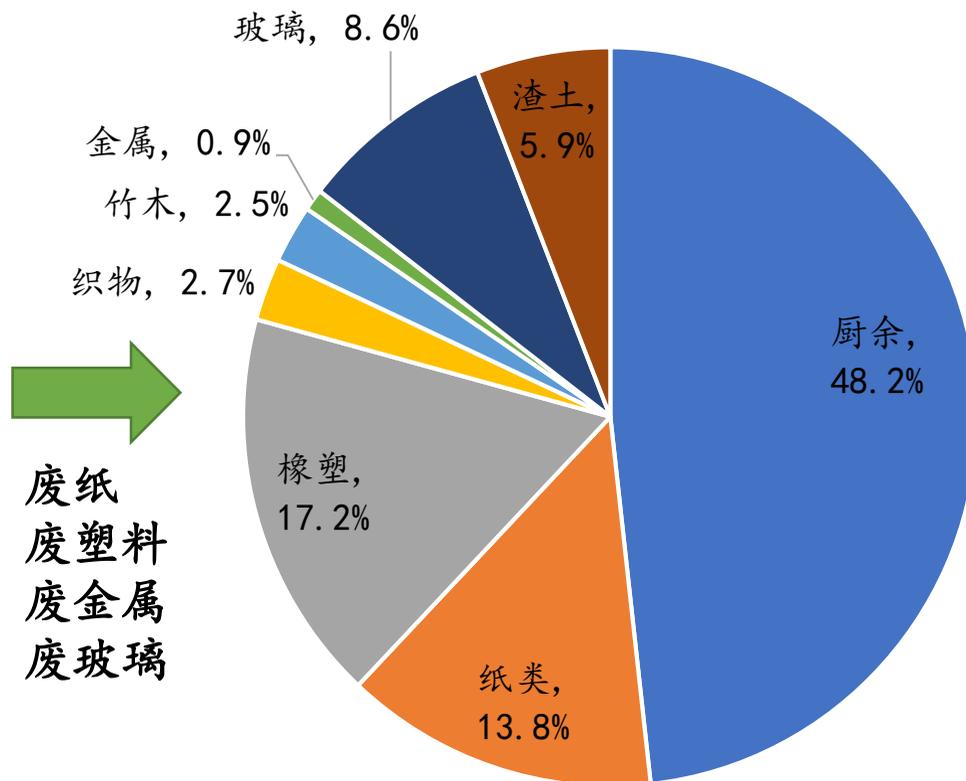


两网融合对垃圾组分的影响

环卫系统垃圾组分



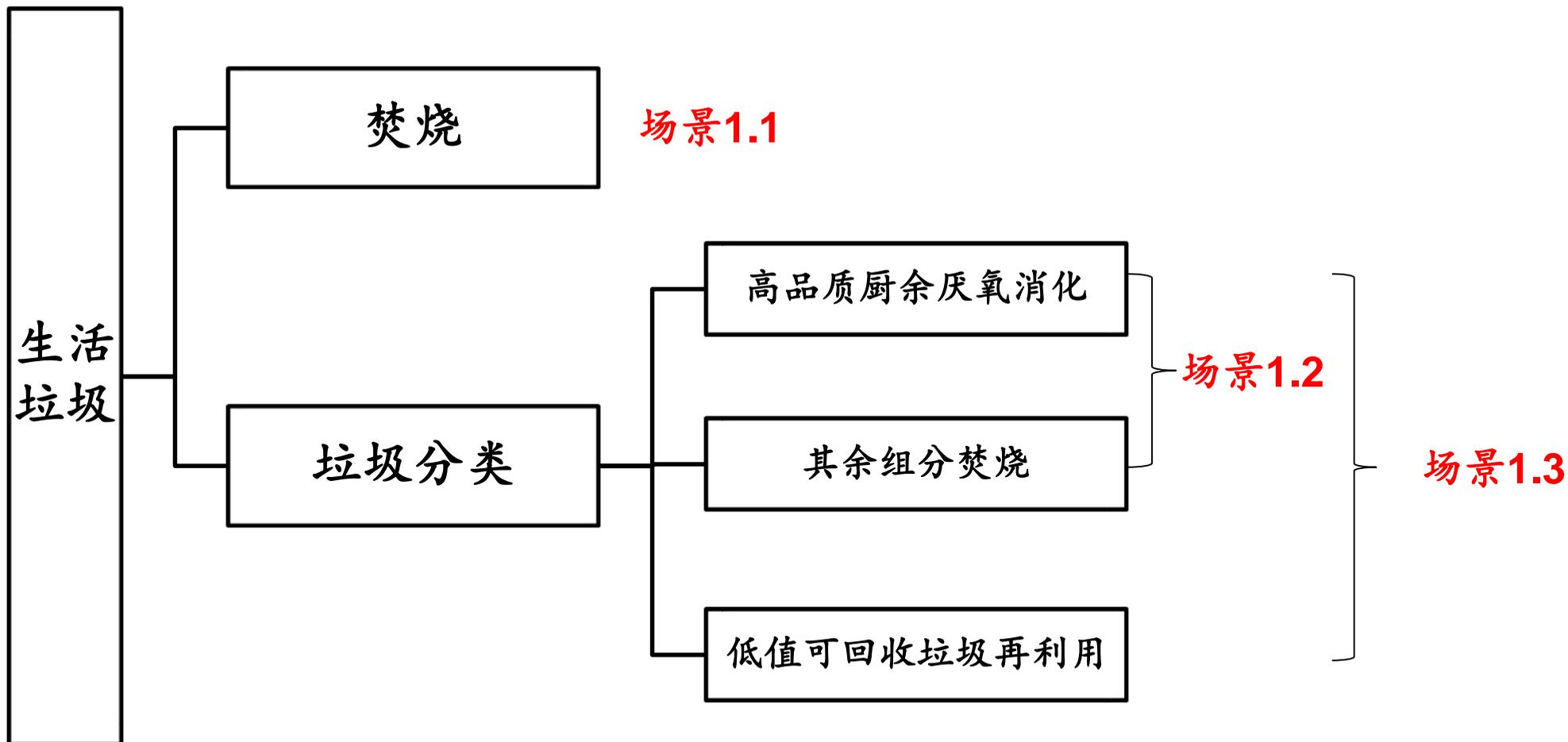
“两网融合”后垃圾组分



两网融合模式综合环境绩效评估



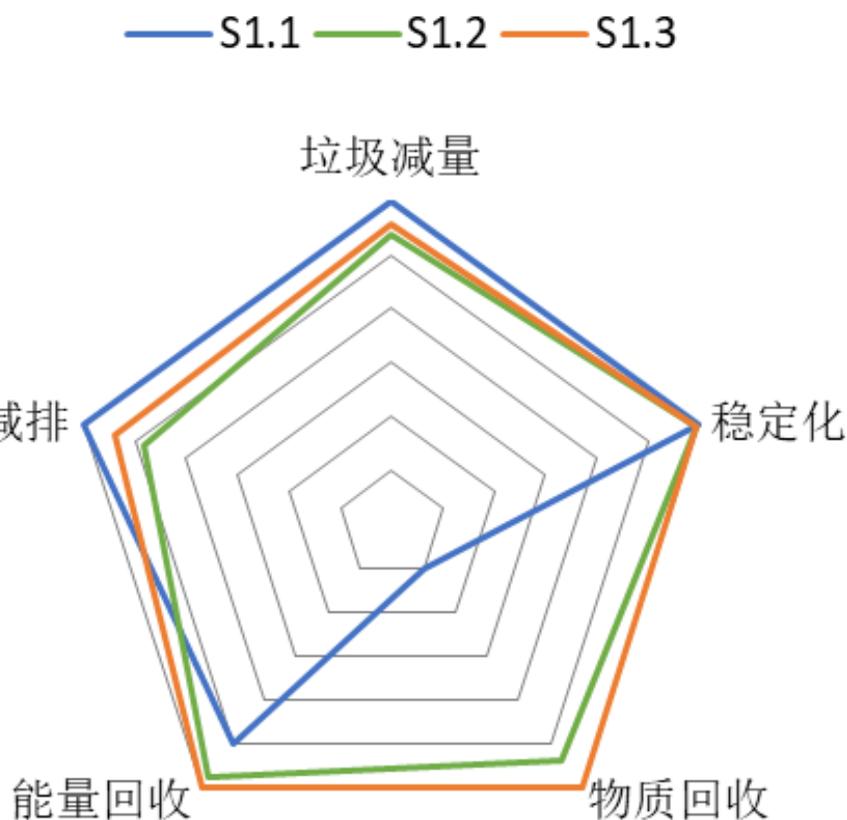
两网融合V1.0：强化低值可回收物回收利用



两网融合模式综合环境绩效评估



两网融合V1.0：强化低值可回收物回收利用



□ 焚烧场景在温室气体减排、垃圾减量、稳定化等方面具有优势，但垃圾中的物质未被充分利用。

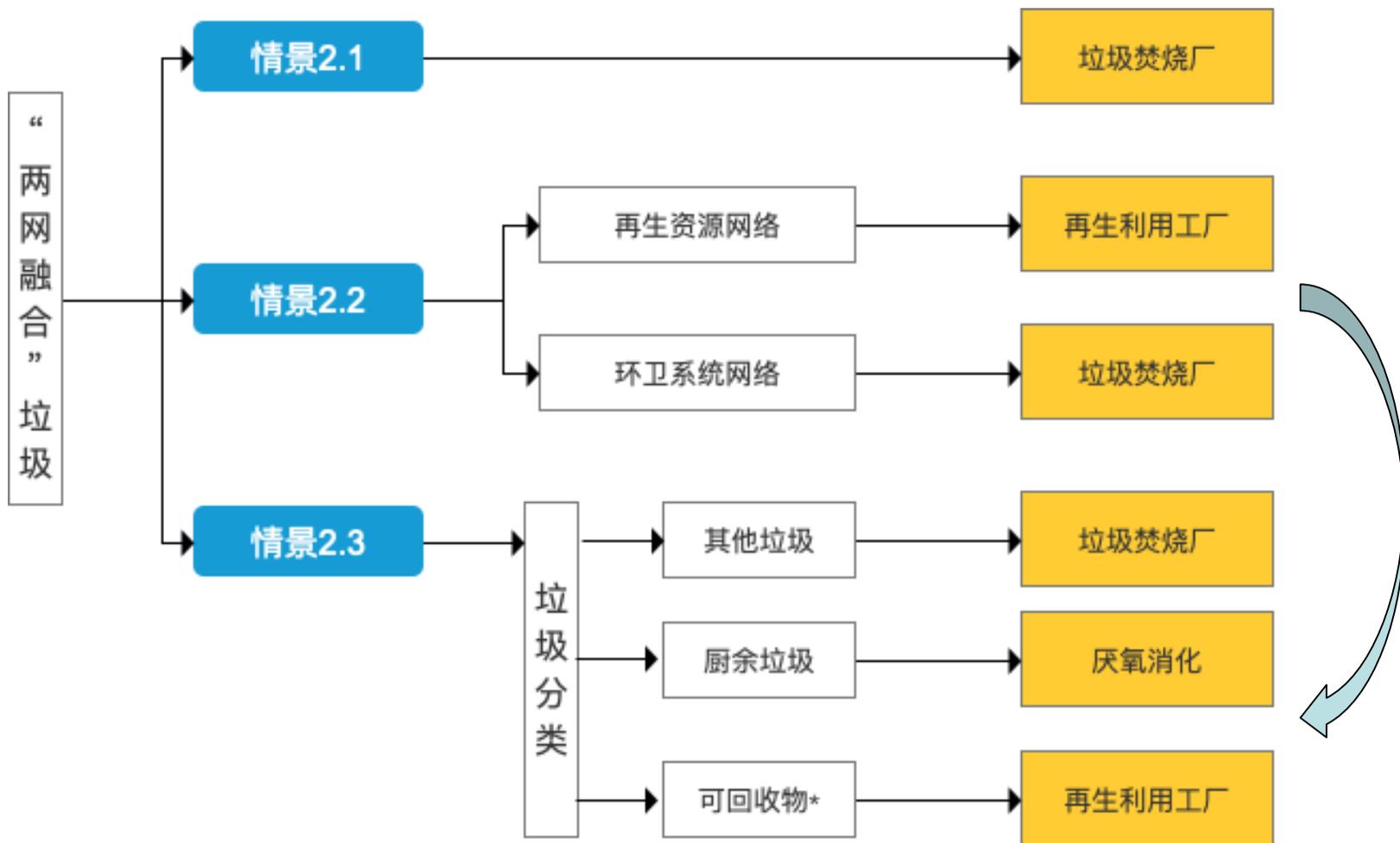
□ 分出部分厨余垃圾并能得到土地利用后，物质回收率升高。

□ 强化低值可回收物的回收利用，环境综合效益得到全面提升。

两网融合模式综合环境绩效评估



两网融合V2.0：可回收物纳入生活垃圾系统统筹管理

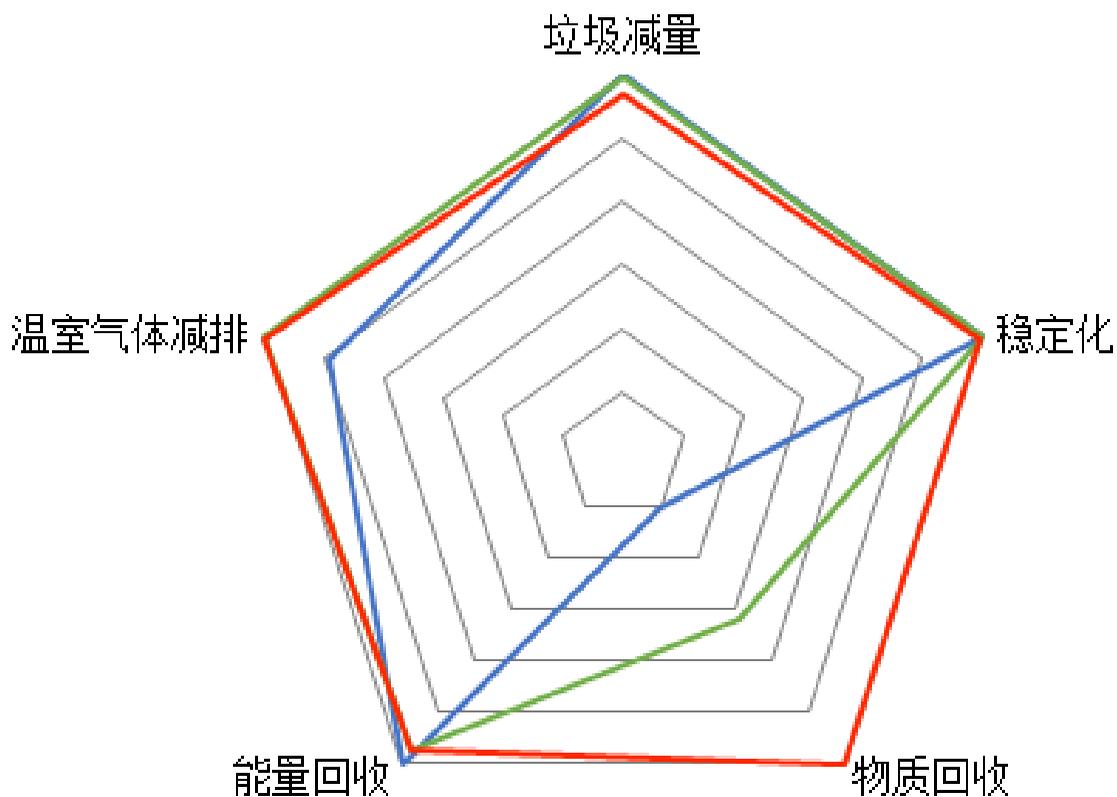


两网融合模式综合环境绩效评估



两网融合V2.0：可回收物纳入生活垃圾系统统筹管理

— S2.1 — S2.2 — S2.3



□ 基于“两网融合”系统的评估结果能够更为全面客观地反映垃圾分类的综合环境绩效。

□ 推进“两网融合”可
显著提升垃圾分类处理系统综合环境绩效。



谢谢大家，欢迎交流

电话：010-13910569582

邮箱：jgliu@tsinghua.edu.cn

微信公众号：环境论评

