



碳中和背景下“无废城市” 建设次第推进

李金惠

清华大学环境学院教授

巴塞尔公约亚太区域中心执行主任

2021年3月6日



巴塞尔公约亚太区域中心

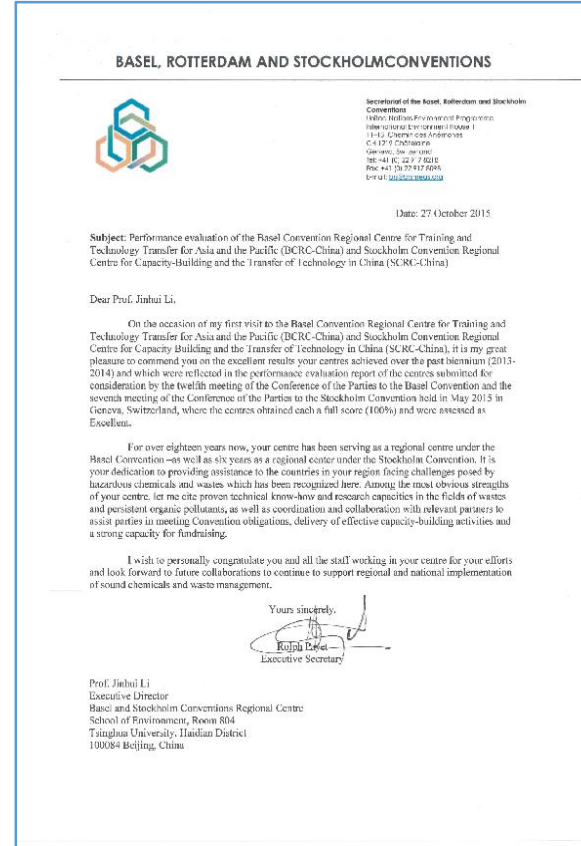
根据2012年国家环境保护部与清华大学签署的部校协议，巴塞尔公约亚太区域中心是废物和化学品相关国际公约的履约技术支持机构，与生态环境部所属相关技术支撑及履约支持机构一起发挥支撑作用。

中心职能

《巴塞尔公约》第14条规定：根据不同区域和次区域的需要，缔约方应建立区域或次区域的危险废物和其他废物管理和废物减量化的培训和技术转让中心。2002年第六次缔约方大会确立的区域**中心职能：培训、技术转让、提供信息、咨询服务和宣传。**

中心评估

2019年5月，巴塞尔公约、鹿特丹公约和斯德哥尔摩公约三公约缔约方大会审议了全球所有在运行的巴塞尔公约区域中心（共13个）和斯德哥尔摩公约区域中心（共15个）2015-2018年度工作绩效和可持续性评估报告。亚太中心再次在两个公约的评估中均获得满分100分，成为**全球唯一一个连续两次（<2013-2014>和<2015-2018>）在两个公约的评估中均获满分的区域中心。**



秘书处表扬信



执行秘书授予表扬信

在“无废城市”建设试点工作中承担的任务

- **方案编制**：“11+5”个“无废城市”建设试点中，亚太中心负责**北京经济技术开发区、内蒙古包头市、海南省三亚市**等3个“无废城市”建设试点实施方案编制。
- **方案落实**：亚太中心负责**北京经济技术开发区、包头市、三亚市、中新天津生态城**等4个“无废城市”建设试点的方案落实和技术支撑。
- **技术帮扶**：根据生态环境部安排，亚太中心作为“无废城市”建设试点第一技术帮扶工作组组长单位，承担**深圳市、雄安新区**技术帮扶工作；负责所有“11+5”试点城市“无废城市”建设**标准体系技术支撑与帮扶工作**。
- **高端智库**：作为主要执笔单位，持续参与中国工程院“无废城市”主题高端智库项目，包括**“无废社会”战略研究、“无废城市”建设试点研究项目、“无废城市”建设试点次第推进策略研究**等。
- **团队力量**：执行主任李金惠教授为**“无废城市”建设试点咨询专家委员会委员、浙江省全域“无废城市”建设咨询专家委员会委员**；刘丽丽、赵娜娜作为技术帮扶工作组专家。核心成员董庆银、吕溥、单桂娟、段立哲多次参加试点技术帮扶工作。
- **研究实力**：在《改革内参》、《环境保护》等期刊发表“无废城市”主题论文7篇，在《中国环境报》上发表专栏文章1篇。李金惠教授就“中国逐步推进‘无废城市’建设”接受新华社客户端采访。
- **平台建设**：成功举办以“构建无废社会”和“系统建设无废城市”为主题的第十四届、十五届固体废物管理与技术国际会议，促进“11+5”个无废城市建设试点和国际城市经验交流；2021年3月，受生态环境部委托，承办“无废城市”高端研讨会。

报告内容

- 一、“无废城市”建设的国际动态
- 二、以“无废城市”建设助力实现碳中和目标
- 三、“无废城市”梯次推开的几点考虑

一、“无废城市”建设的国际动态

联合国环境大会将固体废物列为重要议题

2014年6月 UNEA 1

强调继续强化对化学品和废物长期健全、可持续管理工作的重要性。

《化学品和废物》

2016年5月 UNEA 2

进一步认识到化学品和废物健全管理是可持续发展的根本之一，呼吁成员国达成从认识到行动的转变。

《化学品与废物健全管理工作》

2017年12月 UNEA 3

通过了关于含铅涂料和废铅酸电池的决议，**鼓励会员国**开展铅涂料和废铅酸电池管理。

《消除对含铅涂料的接触和促进对铅酸废电池的无害环境管理》

2019年3月 UNEA 4

邀请成员国**推广固体废物管理的综合办法**，指出加强科学与政策衔接。

《废物无害环境管理》
《化学品和废物健全管理》

2021年2月 UNEA 5线上会议

三大地球危机：气候危机、生物多样性和自然危机、污染和**废弃物危机**，与自然和谐共处是可持续发展的关键。

关于化学品和废物健全管理的第4/8号决议的执行进展



联合国环境大会将固体废物列为重要议题

UNEA4 主题：“寻找创新解决方案，以应对环境挑战并实现可持续的消费和生产”



会议情况：2019年3月11-15日，第四届联合国环境大会在肯尼亚内罗毕举行，来自全球的4700余名政要、商界人士和民间机构代表参会。大会最终声明中表示，将支持以创新举措应对气候变化、**塑料污染**和**资源枯竭**等环境挑战，通过**可持续的消费和生产模式**迈向**可持续的未来**。

UNEA4 下第4/8号决议《废物的无害环境管理》决议

- 鼓励会员国酌情制定和实施国家或区域行动，消除**一次性塑料制品**对环境的影响。
- 肯定会员国在制定和实施创新固体废物管理解决方案、技术和地方各界参与方面的成功事例，包括**创新项目或方案**，如**一些国家采取的国家 and 地方无废举措**等，以促进废物的无害环境管理，特别是**尽量减少废物**，并尽可能防止废物的产生
- 邀请会员国考虑到不同的国情，并与有关的国家、区域和国际组织和研究所合作，以：
(g) **支持创新的废物管理举措**，如**一些国家采取的国家 and 地方无废举措**，以**尽量减少废物**和发展适当的废物管理基础设施和其他设施；



“无废国际联盟” (Zero Waste International Alliance)

- “无废国际联盟” (2002年成立)



分站：“无废巴西”



分站：“无废加拿大”



分站：“无废美国”

“无废”国际联盟的全球合作网络跨越非洲 (Institute for Zero Waste in Africa)、亚洲 (KWMN and Waste Movement, 韩国)、欧洲 (Zero Waste Europe)、大洋洲 (Envision New Zealand, 新西兰)、北美洲 (Zero Waste Canada, 加拿大)、南美洲 (Zero Waste Brazil, 巴西)。

标准

- “无废”定义 (2018年更新)
- “无废”商业原则 (2005年制定)
- “无废”社区原则 (2009年制定)
- “无废”等级 (2018年更新)

政策

- “无废”的意义, 无就是无 (2014年制定)
- “零填埋”不是“无废政策” (2015年制定)
- 堆肥和厌氧消化政策 (2018年制定)

“C40无废城市” (23 C40 cities towards Zero Waste)

- **23个“C40无废城市”** 签署《向零废物迈进的宣言》（2018年）

签署城市和地区包括奥克兰，加泰罗尼亚，哥本哈根，迪拜，伦敦，米兰，蒙特利尔，纳瓦拉，纽约，纽伯里波特，巴黎，费城，波特兰，鹿特丹，旧金山，圣何塞，圣莫尼卡，悉尼，特拉维夫，东京，多伦多，温哥华和华盛顿特区。



目标

- 与2015年相比，到2030年将人均城市固体废物产生量减少至少15%
- 与2015年相比，到2030年将处置到垃圾填埋和焚化的城市固体废物量减少至少50%，到2030年将垃圾填埋和焚化的转移率提高到至少70%

行动

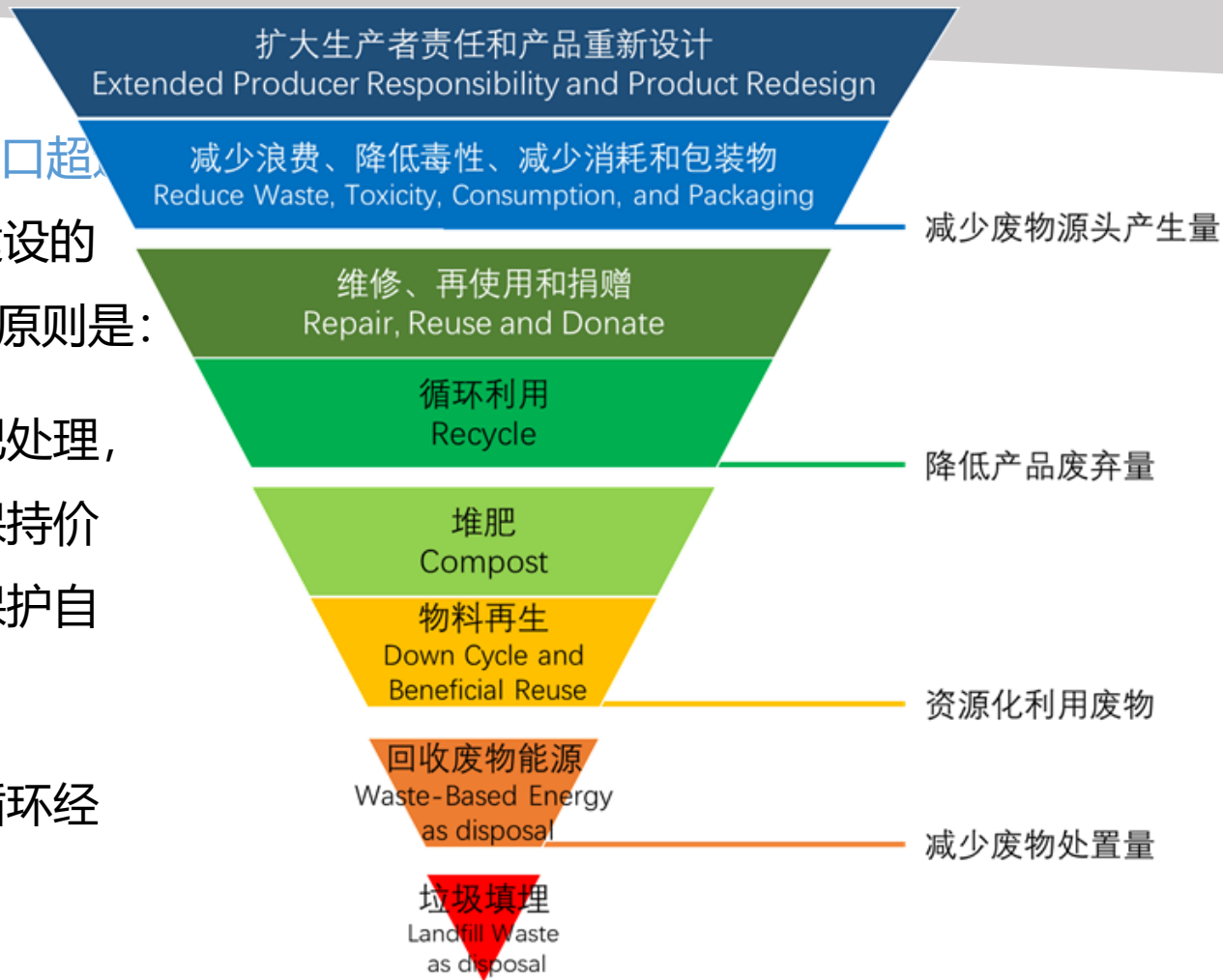
- 减少生产层面粮食损失，并在零售和消费者层面减少食物浪费，针对食物残渣和其他有机废物，回收营养，能量
- 支持实施地方和区域政策，提高了商品的可修复性和可回收性
- 增加建筑和拆除材料的减少，再利用，回收和再循环
- 每两年公开报告各城市在实现这些目标方面所取得的进展

美国“无废”理念

美国联邦层面“无废”建设

在2015年7月第83届美国市长会议（美国市长会议是人口超过30,000或以上的城市的官方无党派组织）上，就“无废”建设的议题进行了探讨，并共同宣布了“无废”决议，其核心建设原则是：

- “无废”概念不仅限于产品生命周期结束时的回收和堆肥处理，还涵盖了产品的整个生命周期，从产品设计开始，按照保持价值的方式使用和管理材料，尽量减少对环境的影响，并保护自然资源。
- “无废”的管理政策可转移废物处理的财政负担并发展循环经济。
- “无废”策略的执行应该镶嵌到城市废物管理框架中，结合财政和立法共同实施。



美国废物管理层级制度

美国开发废物管理工具，分享“无废”实践经验

废物管理工具

(Managing and Transforming Waste Streams Tool)

➤ 目的:

协助管理者制定政策、目标、方案

➤ 特点:

- 1.包含100项措施的表格，涵盖社区废物减量和材料回收。
- 2.包括来自美国各地社区的300多个实施实例，包括到地方法规和项目网站的链接，以及用于修订服务提供商合同或特许经营协议的示范语言。

➤ 作用:

当地规划者可以探索法规、政策、项目、合同、拓展、技术援助以及基础设施发展等方面的最佳做法，从而创建一份适合其社区需求和能力的战略清单。

Managing and Transforming Waste Streams: A Tool for Communities

Helping Communities Plan for Less Waste

- [Learn About the Tool](#)
- [Go to the Tool](#)
- [Go to the Policy and Program Impact Estimator](#)
- [Browse Examples By Topic](#)



Waste is a valuable resource. Communities can recover the lost value of material discards by setting up systems for reuse, recycling, and composting.

About the Tool

upstream reduce trash sustainable priority haulers
community waste planning recycling compost

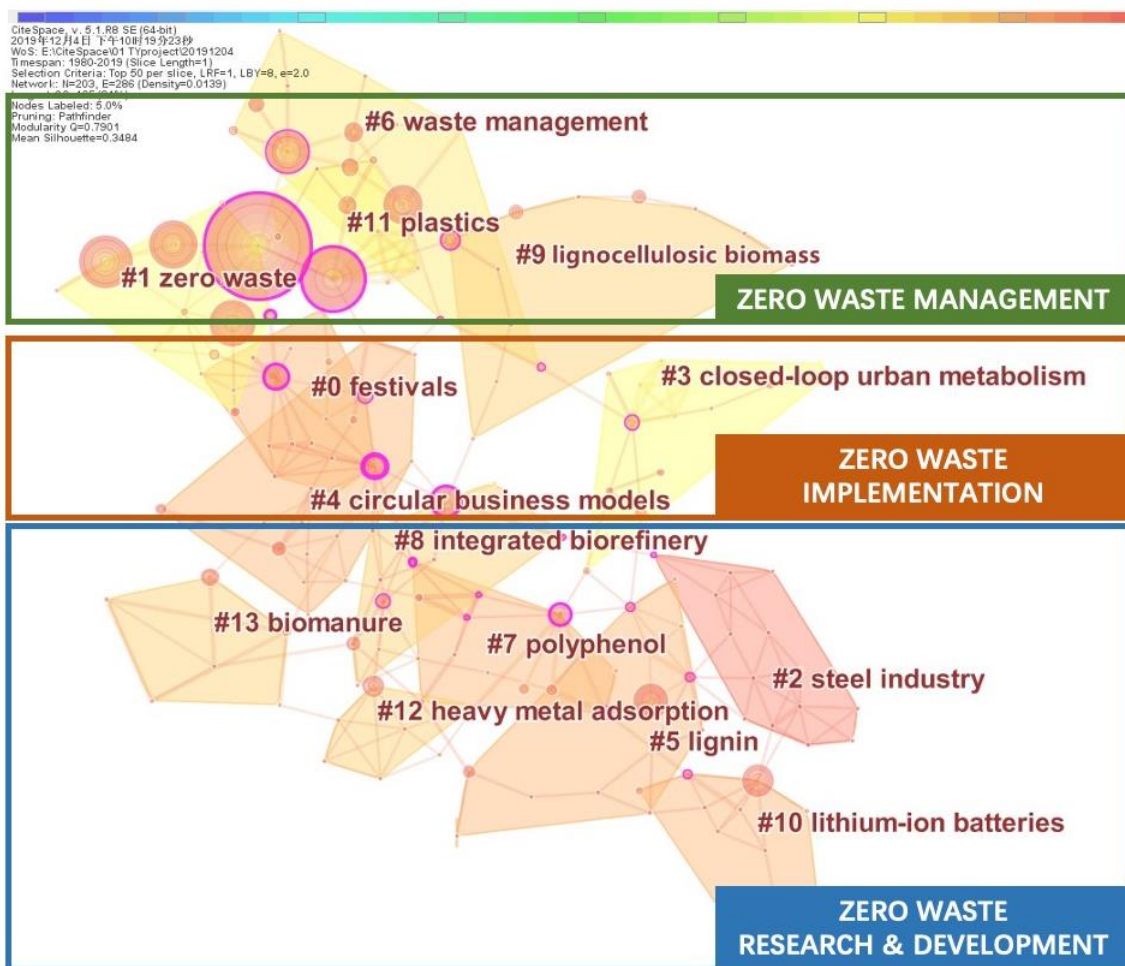
Policy and Program Table

Supporting Information



“无废城市”研究领域及动向分析

1. 国际“无废城市”研究可分为三大领域：**无废技术、无废管理和无废实践**



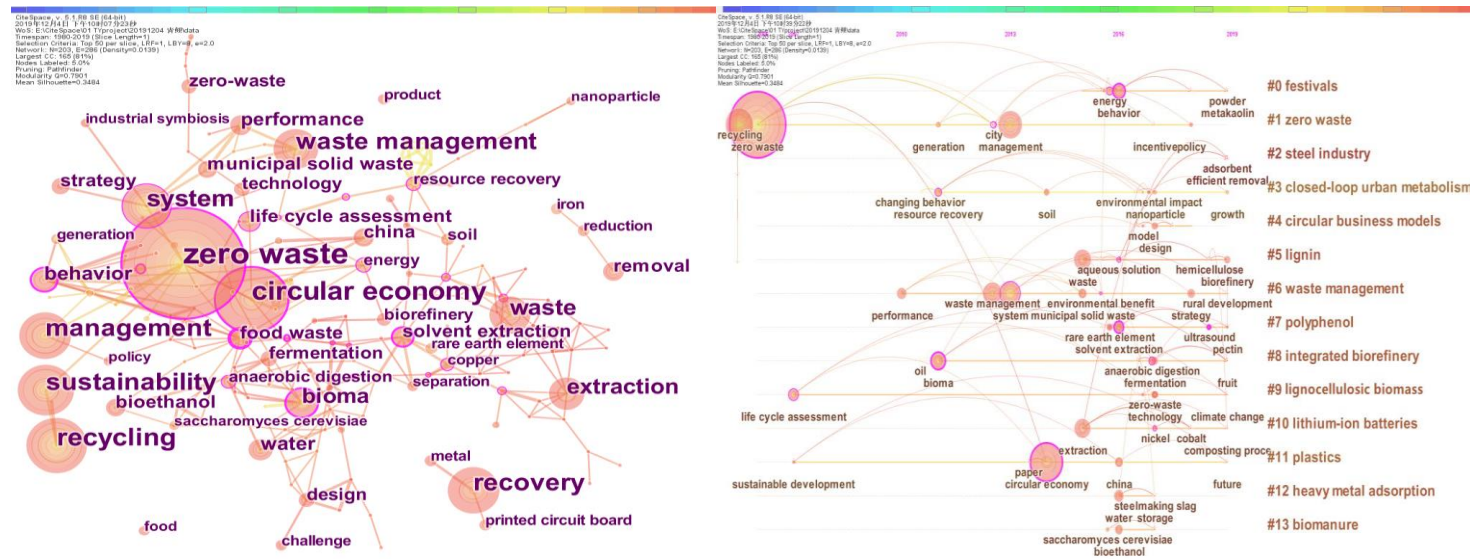
利用Citespace软件对国际“无废城市”建设研究成果文献进行关键词进行聚类分析，根据聚类结果，通过对相关重要文献进行阅读，总结梳理出国际“无废城市”建设工作重点可分为三大领域：无废技术、无废管理和无废实践。

。

“无废城市” 研究领域及动向分析

2. “无废城市” 建设的国际前沿问题正从**无废管理**逐步转移到**无废技术**

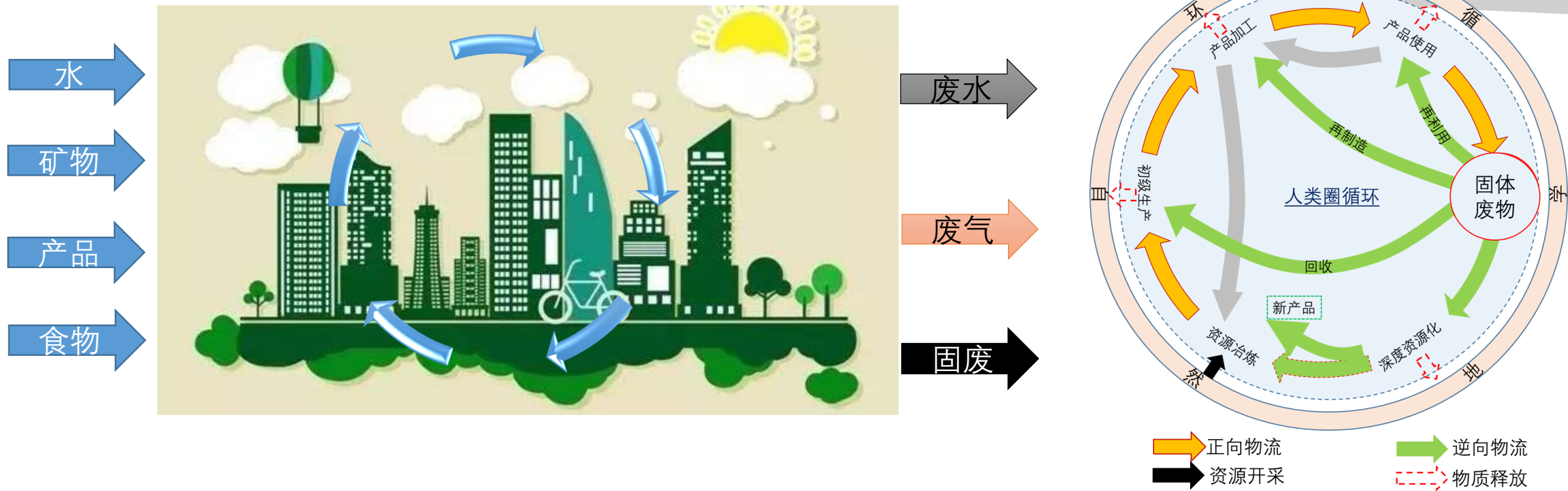
结合关键词时间轴视图，可以将“无废城市”建设国际前沿问题的演化过程分为三个阶段。



- **第一阶段 (1980-2005年)**：无废理论的研究正处于探索阶段，相关研究集中于无废技术和无废生产，研究领域不只局限于固体废物，而是对包括废水、废气、固体废物的全方面研究，相关的理论技术方法尚未达成共识，标准化。
- **第二阶段 (2006-2015年)**：对于无废的关注集中在固体废物管理方面。在这一阶段，国外关于无废管理的概念更加明确，研究更加细化，内容趋于完善。此外，在这一阶段，无废管理作为一种新型的固体废物管理手段在各国得到政策上的推动。
- **第三阶段 (2016年至今)**：无废管理体系的研究框架已基本完善，关于无废研究有从管理方法转向技术手段研究的趋势。

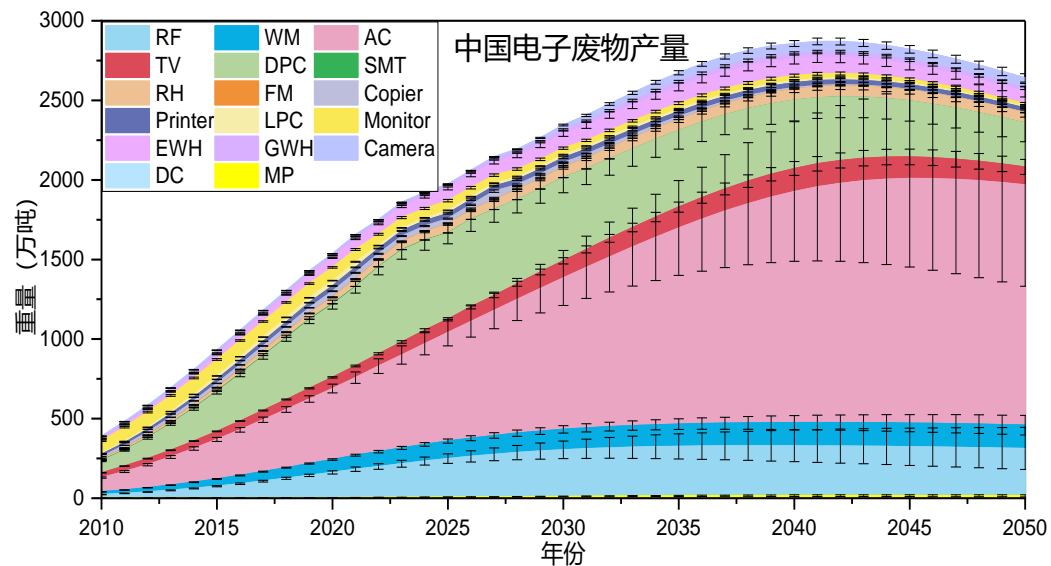
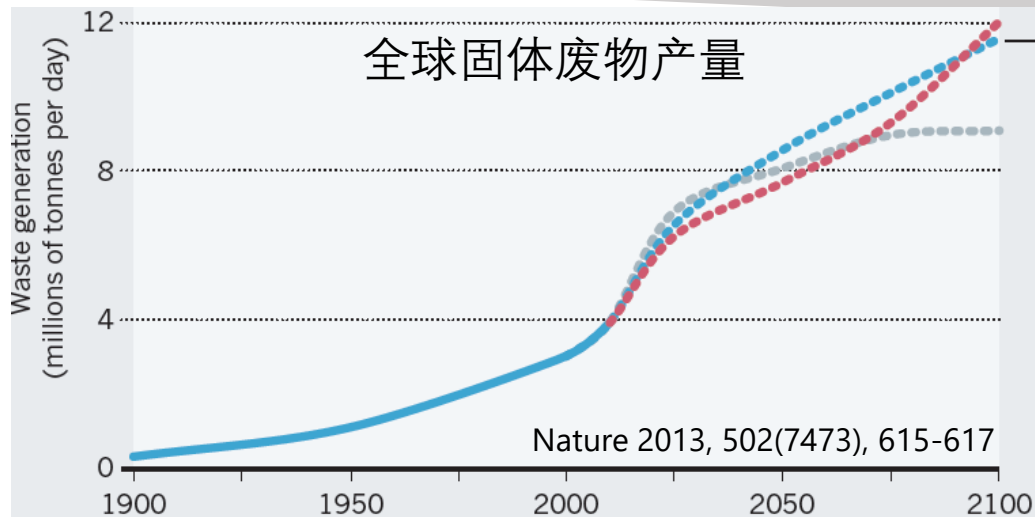
二、以“无废城市”建设助力实现碳中和目标

“无废城市”建设的科学基础

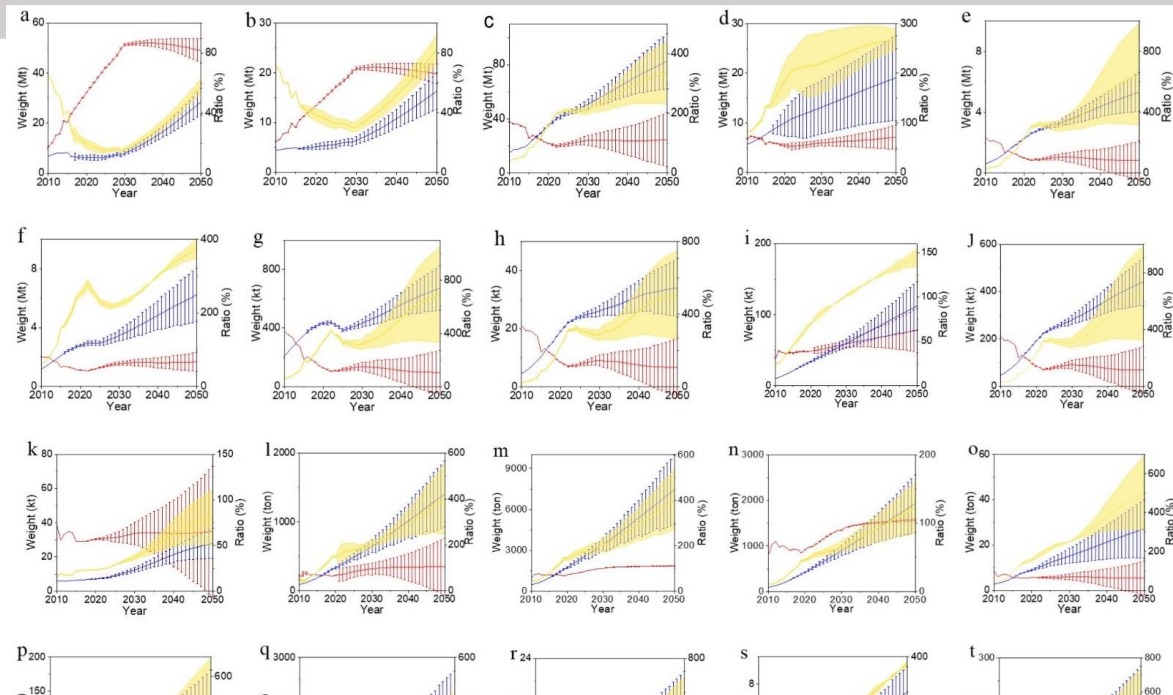


- 城市代谢是指物质、能量在城市中输入、流动、转化以及输出的过程（工业代谢为主）
- 物质流分析揭示城市代谢的科学工具，表征了产品、物料、元素时空转移转化

“无废城市” → “无废社会”



Nat Commun 2020, 11(1), 1544.



- 全球固体废物产量在21世纪将达到峰值
- 我国电子废物产量预计在2040年达到峰值，所有固体废物预计在2050年之前达到峰值
- 2050年之前，30种产品废物中有20种资源的储量超过了这些产品的产业发展需求，在产业内如果充分资源化(内循环)有望实现物质中和

碳达峰与碳中和目标

- 2020年9月，中国在第75届联合国大会上提出“提高国家自主贡献力度、采取更有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于**2030年前达到峰值**，努力争取**2060年前实现碳中和**”。
- 2020年12月12日（巴黎协定签署5周年），中国宣布“到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将**比2005年下降65%以上**，非化石能源占一次能源消费比重将**达到25%左右**，森林蓄积量将**比2005年增加60亿立方米**”。



实现碳中和，一方面发展清洁能源和低碳经济，如发展光伏、风电、核能等清洁能源代替传统能源，另一方面提倡节能环保，促进绿色消费和循环经济

资源循环产业碳减排措施

- **2020年12月16日至18日**，中国中央经济工作会议在北京举行，会议确定2021年要抓好的八项重点任务，其中包括碳达峰、碳中和工作。要通加快调整优化产业结构、能源结构，以及大力发展新能源，继续打好污染防治攻坚战等策略，力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，力争2060年前实现碳中和。

碳减排和碳补偿

方法	具体措施（技术升级、设备改造、降低成本）
减少资源用量，增加再生利用比例	<ul style="list-style-type: none">• 建立在利益相关方之间共享二手产品和材料必要信息的系统• 进一步扩大再生资源利用、高性能生物质材料用途、低成本技术开发示范、资源循环技术的开发和设备的升级
回收，循环利用	<ul style="list-style-type: none">• 开发高可回收性的高性能材料和再生利用技术，优化回收路线，在扩大设备能力的基础上，扩大再生利用市场• 通过创新技术和示范项目等提高规模，降低成本，推进实用化
再利用	<ul style="list-style-type: none">• 废物发电：绿色生活大力发展后，会导致废物组分发生变化，热值降低，需要继续进行技术开发调整，确保热直发电• 生物质气化
评价体系	<ul style="list-style-type: none">• 建立资源循环相关科学的碳中和核算体系

以“无废城市”建设助力实现碳中和目标

具体实施

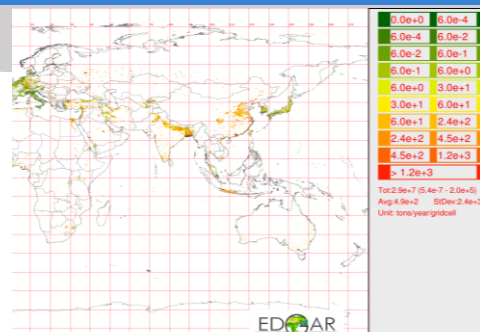
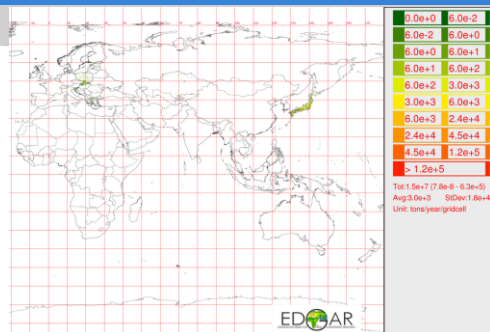
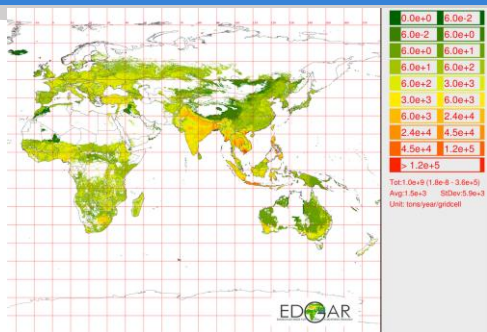
“无废城市”建设

普及绿色生活、绿色消费方式
实施产业绿色升级、节能减排战略
推动污染物源头减量
推动废物资源化利用，资源循环利用
发展城市矿产，减少化石能源消耗
推动“以废治废”，发展CO₂固化技术
统筹水、气、土、固废、城市协同共治
推动废物处置技术、模式低碳发展

碳达峰、碳中和

推动生活领域碳减排
推动产业节能降耗
推动产业结构调整优化
推动循环经济发展
推动能源结构调整
推动碳减排、碳中和、碳循环治理技术发展
推动环境治理，经济高质量发展
推动城市治理技术、模式创新发展

固体废物管理减少碳排放潜力



全球温室气体排放情况 (2012)
https://edgar.jrc.ec.europa.eu/archived_data ets.php#reports

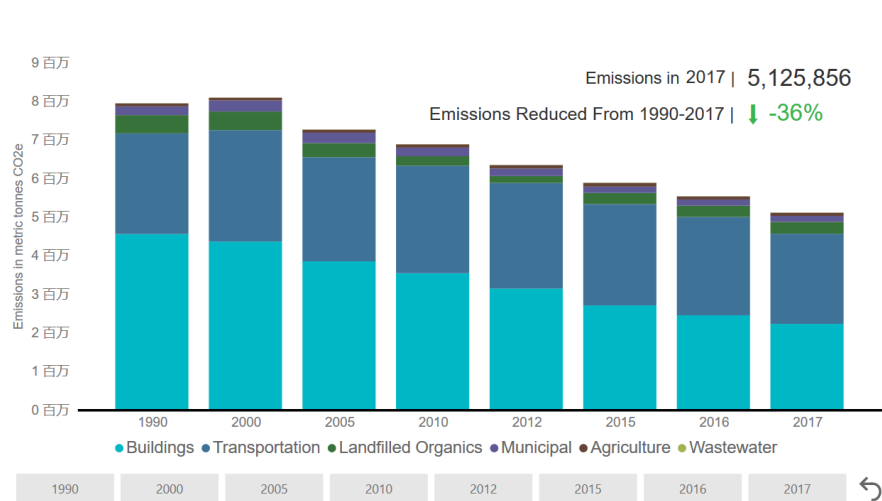
农业废物焚烧CO2排放情况

垃圾焚烧CO2排放情况

垃圾填埋CH4排放情况

全球温室气体排放清单 EDGARv4.3.2 中分别计算了每个部门和国家的三种主要温室气体排放量，其中固体废物涉及的主要碳排放包括：**农业废物焚烧、垃圾焚烧、垃圾填埋**

San Francisco's Carbon Footprint

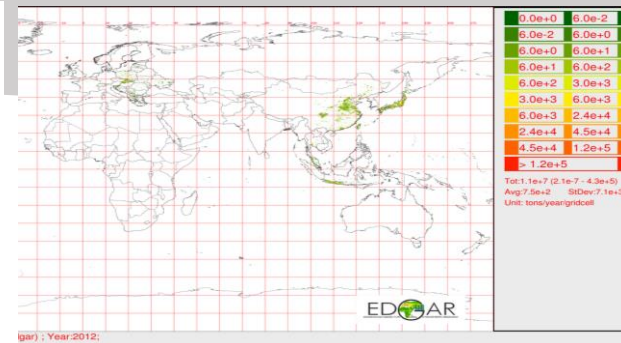
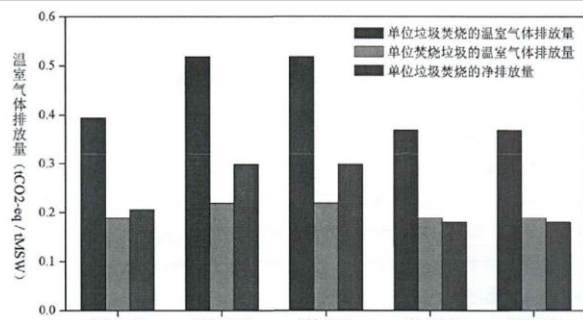
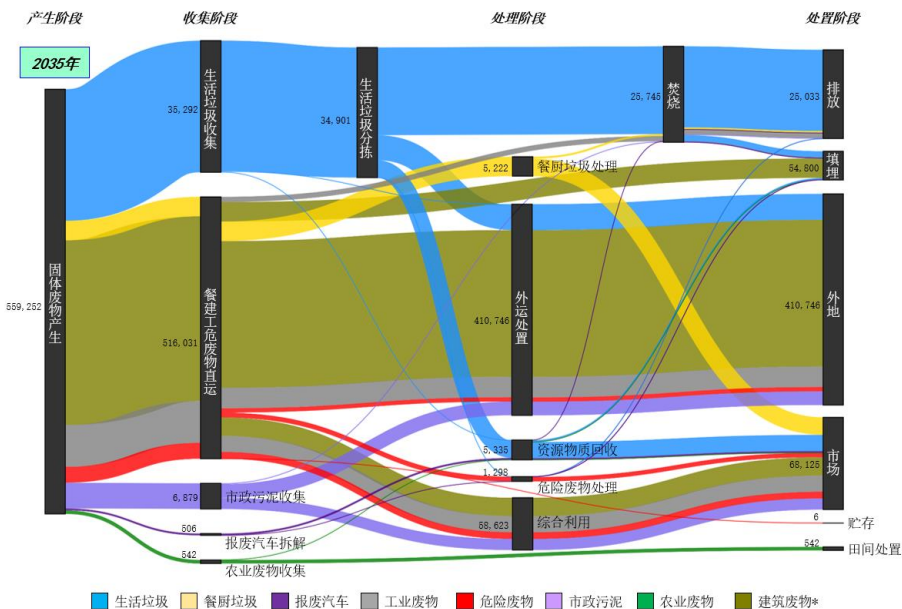


旧金山市碳排放占比情况

<https://sfenvironment.org/carbonfootprint>

- 城市尺度上基于碳排放重点部门进行了碳足迹计算，美国旧金山市2017年**填埋环节**的碳排放占城市总碳排的**5.96%**。
- 国际固体废物协会 (ISWA) 估计，如果将包括**处置，回收，堆肥和处理**等所有**废物管理措施**考虑在内，废物部门将在全球范围内**减少10%至15%**的温室气体排放。（来源C40）
- 如果同时考虑**减少废物产生**的措施，则该部门最多可减少全球排放量的**20%**。（来源C40）

“无废城市”建设对碳减排的贡献



建筑废物

文献资料、排放清单

地点	物化阶段		使用维护阶段		拆除清理阶段		生命周期
	碳排放强度 (kg/m ²)	百分比 (%)	碳排放强度 (kg/m ²)	百分比 (%)	碳排放强度 (kg/m ²)	百分比 (%)	碳排放强度 (kg/m ²)
深圳	220.95	11.21	1731.33	87.83	19.85	0.96	1971.50
西安	391.52	17.04	1994.09	86.78	-87.74	-3.82	2297.87

地点	拆除清理阶段碳源	百分比 (%)
深圳	拆除施工	0.06
	垃圾运输	0.40
	垃圾处理	0.50
西安	拆除施工	0.25
	垃圾运输	0.72
	建材回收利用	-5.78

源头减量

综合利用

末端处置

生活垃圾 餐厨垃圾

种类	处理工艺	碳排放强度 (t/t)
生活垃圾	填埋情景1	1.23
	填埋情景2	1.28
	填埋情景3	1.24
	焚烧情景1	0.40
	焚烧情景2	0.51
餐厨垃圾	焚烧情景3	0.52
	焚烧情景4	0.35
	焚烧情景5	0.36
	堆肥	0.18

基于城市废物流结构:

- 从现状、时间序列预测、无废达标预测三大情景出发，计算各类情景碳排放总值，评估“无废达标”碳减排的贡献；
- 关注**产量大**废物与**碳排放强度高**废物；
- 源头减量实现废物总生命周期碳减排效益，综合利用实现负碳效益，末端处置工艺对比实现碳减排效益最优化。

市政污泥

种类	处理工艺	碳排放强度 (t/t)
市政污泥	污泥脱水+干化焚烧	3.61
	污泥深度脱水+干化焚烧	3.58
	污泥脱水干化一体化+焚烧	2.83

三、“无废城市”梯次推开的几点考虑

“无废城市” 梯次推开的几点考虑

对标国际

- **问题:**
 - 我国“无废城市”建设的理念和经验的国际推广战略不清晰
- **建议:**
 - 制定国家层面“无废城市”理念和经验在国际上推广的整体战略方案，从国内外角度科学系统评估界定领跑、并跑、跟跑，选择代表性的模式亮点推广

衔接碳排放

- **问题:**
 - “无废城市”建设缺少与碳减排体系的衔接，表面“热”到实际“热”尚需时日
- **建议:**
 - 与碳达峰、碳中和等国家战略相结合，将“减废”和资源循环纳入减碳体系，对应碳排放强度，通过减碳补贴等政策和经济手段促进“减废”。

系统构建

- **问题:**
 - 固体废物综合管理不系统的，难以支撑无废绩效评价；目前以补短链为主的废物治理模式；**资源效率提升和绿色消费等源头减量工作不足。**
- **建议:**
 - 建立城市或区域为边界的无废绩效评价体系；综合考虑地区特色和技术特点，推进综合的固体废物管理。

基础支撑

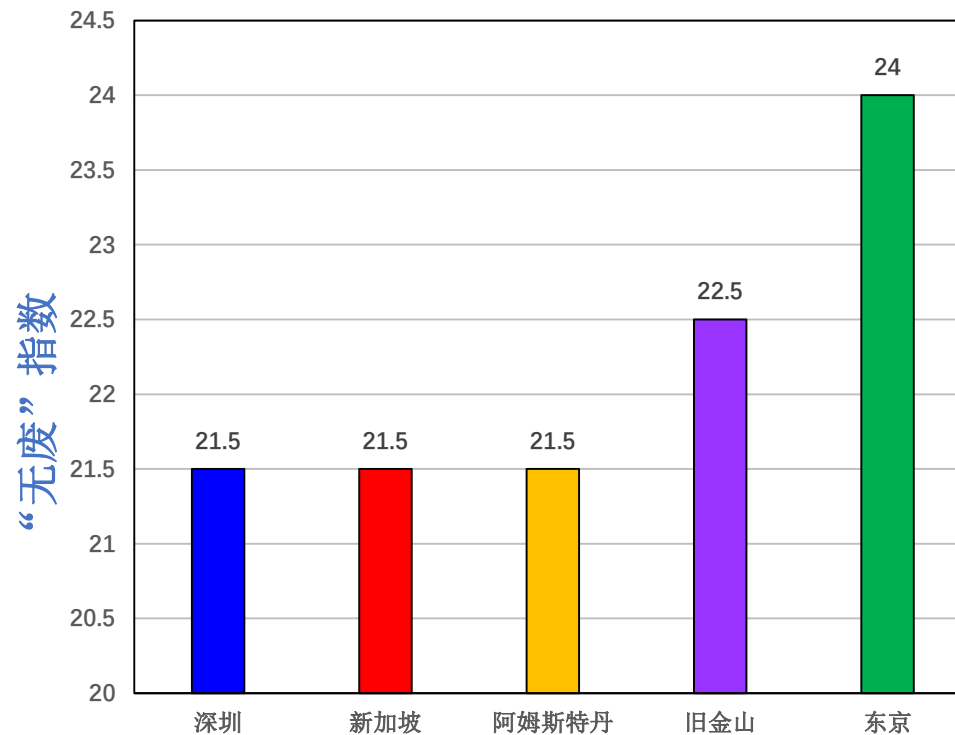
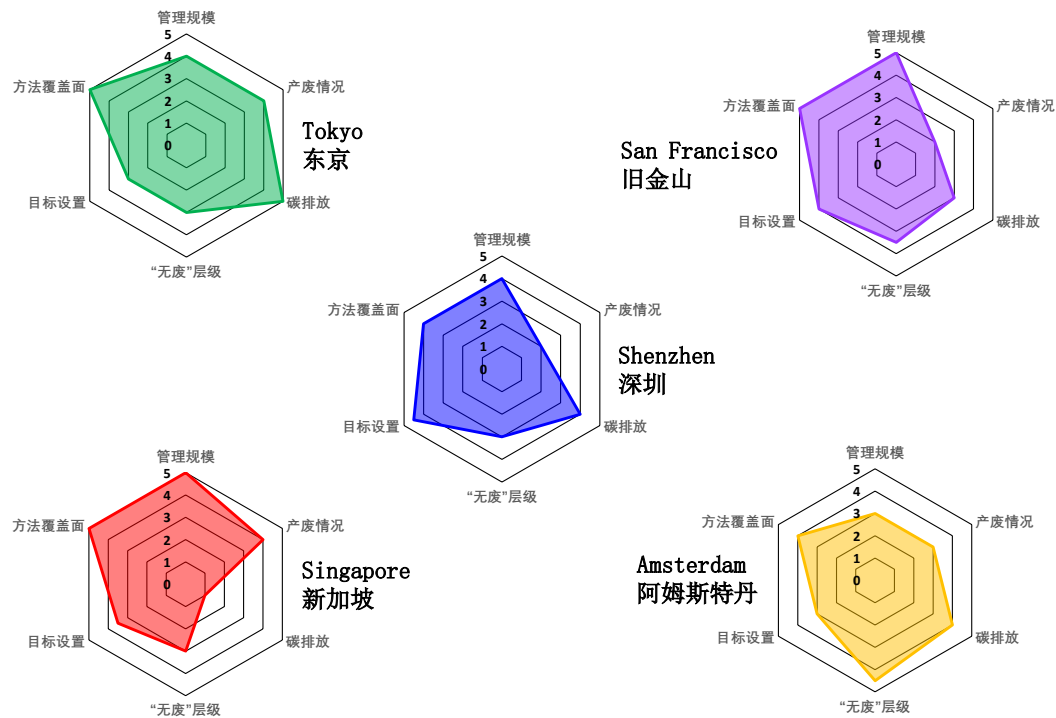
- **问题:**
 - 固体废物的统计数据缺乏、统计口径不一；
- **建议:**
 - 构建指导和可操作性的“无废城市”建设指导工具；
 - 通过新技术如遥感技术与无废城市信息化管理的深度融合，形成大数据资源共享和智能分析平台，实现固体废物数据信息整合分析和实时监控

关键因素： “无废”建设指数+ “无废”指数 + “减废”工具 + 国际网络

1. 构建“无废”程度评价指标（对标国际）

创新开发一套可以评判比较国际间“无废城市”建设水平的指标体系，形成国际“无废”指数。

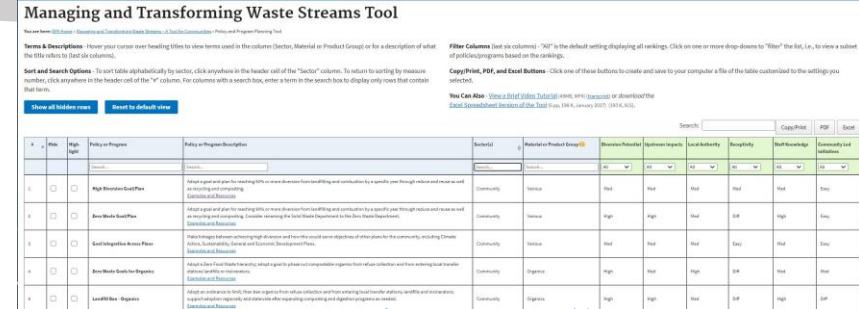
- 综合产废情况、目标设置、管理规模、“无废”层级、方法覆盖面、碳排放等6个方面的评估，形成1个“无废”指数，对“无废城市”的表现综合评价。
- 4个国外典型“无废城市”与我国深圳的横向对比：东京、旧金山、阿姆斯特丹、新加坡



2. 开发“无废城市”指导性工具

开发“无废城市”建设指导性工具

- 美国“无废”建设通过300多个先行的实施案例，归纳总结出100项措施，进一步通过6个维度的定性评估，构建了废物流管理与转移工具，对于地方制订“无废”实施路径具有较强的指导性与可操作性。
- 我国可通过“无废城市”建设试点经验归纳总结，开发具有类似效能的“无废城市”建设指导性工具，支持城市或区域制订“无废城市”的管理策略，为我国“无废城市”递次推进工作提供支持。



美国“无废”建设举措分析

序号	举措分类	措施数量
1	顶层设计	4
2	产品源头减量管理	8
3	废物收集与运输管理	24
4	建筑和拆迁废物管理	9
5	废物处置管理	3
6	地方政府引导	5
7	公众宣传教育	11
8	企业与机构技术协助与培训	14
9	基础设施和市场建设	22
总计		100

3.构建“无废城市”国际网络和理念推广平台

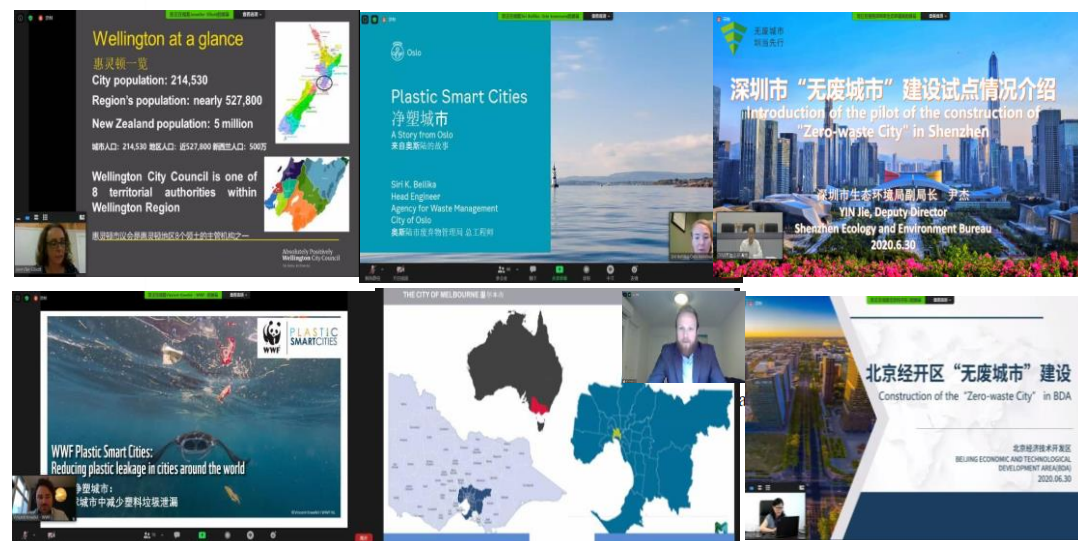
- 1) 搭建“无废城市”建设**经验交流和信息共享平台**。
- 2) 在巴塞尔公约缔约方大会、联合国环境大会等重要国际场合组织**边会**，宣传“无废城市”建设试点采取的措施和成效；
- 3) 整理各试点城市有关生活垃圾、危险废物管理的创新实践，行成**英文宣传材料**，通过巴塞尔公约秘书处进行对外宣传；
- 4) 强化部门协作和协同增效，与住房和城乡建设部合作挑选典型城市，发展联合国环境人居署的“智慧减废城市”。
- 5) 以中新合作为案例，推进中新苏州工业园区、中新天津生态城、中新广州知识城、中新（重庆）战略性互联互通示范项目之间的合作，加强管理历程、建设经验交流，有效将国际园区建设经验本地化，实现可复制、可推广。



Declaration on Promoting Zero-waste City Construction

Submitted by Basel Convention Regional Centre for Asia and the Pacific

Noting that the modern economic and social development is facing tremendous pressure on the depletion of resources. At the same time, the resources are disorderly developed and discarded without being fully utilized. Large amount of solid waste storage or landfill occupies land resources and imposes environmental risks.



4. “无废城市” 深入推进

- **以现有“无废城市”试点为基础开展“无废城市”示范。**进一步凝练和深化无废城市试点的经验模式，明确经验模式的应用条件，形成标准和范式，推动经验在其他城市的应用。
- **更大范围内推进“无废城市”的试点，**选择代表性区域、省域、城市、县域、园区进一步推进“无废城市”的试点，鼓励开展专项试点。
- **深化固体废物综合管理。**由补齐短板转为深化固体废物综合管理，注重源头减量措施，提高资源效率，提升绿色生产、绿色消费水平。
- **建立差异化的“无废城市”递次推进策略。**东部省份创新政策体制机制，搭建信息化监管平台，突破典型废物利用处置技术瓶颈；中部开展绿色矿山建设，推动工业农业绿色发展，强化生活垃圾源头分类与减量化；西部加强资金与人力投入，补齐基础设施短板，建立固废利用处置的绿色金融体系和生态补偿机制。

5. “无废城市”协同和广泛推进

- **以减量化、资源化、无害化、低碳化为目标**，深化、扩展“无废城市”建设试点；
- **统筹水、气、土协同共治，协同低碳化**。构建“大无废”格局，推进节约资源、协同增效的生态环境治理体系；
- **重点解决工业绿色转型中的固体废物问题**，开展固体废物跨区域处理生态补偿试点，探索多元化固体废物处理处置技术方法。



**请批评指正！
谢谢！**

李金惠

清华大学环境学院 长聘教授

巴塞尔公约亚太区域中心 执行主任

bccc@tsinghua.edu.cn

Tel: 010-62794351

Fax: 010-62772048

Add: 清华大学中意环境节能楼805, 北京