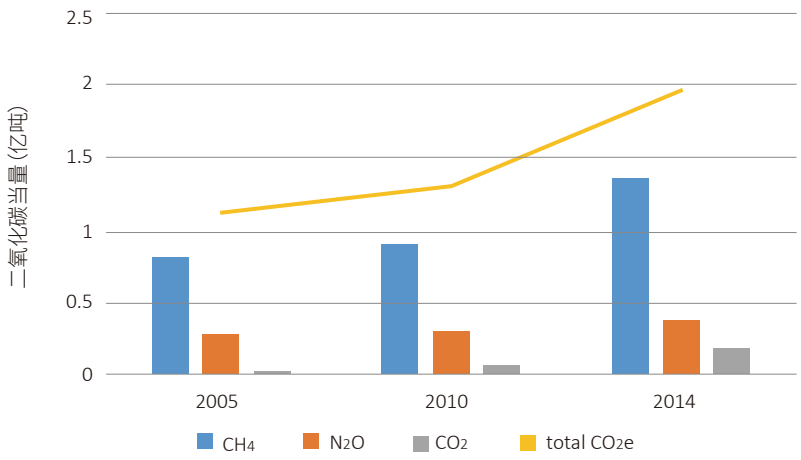
绿色创新发展中心
Innovative Green Development Program

中国废弃物管理领域
非二氧化碳温室气体减排现状及展望

中国对生活垃圾和市政污泥处理处置历来非常重视，但政策的主要关注点是环境污染防治，尽管其对相关非二氧化碳温室气体（尤其是甲烷和氧化亚氮）减排起到一定的协同减排效应，但仍缺乏针对性。随着中国城镇化和工业化的发展，来自生活垃圾和市政污泥处理的非二氧化碳温室气体对气候带来的破坏效应在持续上升。在提出双碳目标后，中国将进一步推动绿色低碳转型，这意味着城市需要在生活垃圾和市政污泥处理处置领域采取更多针对甲烷和氧化亚氮等非二温室气体减排的气候行动。

根据2018年发布的《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》[1]，2014年废弃物管理领域的甲烷排放占中国甲烷排放的11.9%；2005年到2014年，中国废弃物处理行业产生的温室气体从1.13亿吨二氧化碳当量增加到1.95亿吨。研究显示，若延续现有政策，2050年中国废弃物领域的甲烷排放将高达2.69亿吨二氧化碳当量；在采用已有的先进减排技术的情景下，2050年中国废弃物领域甲烷排放仍将达到2.18亿吨二氧化碳当量，废弃物领域甲烷减排压力较大[2]。

图 1: 中国废弃物处理的温室气体排放

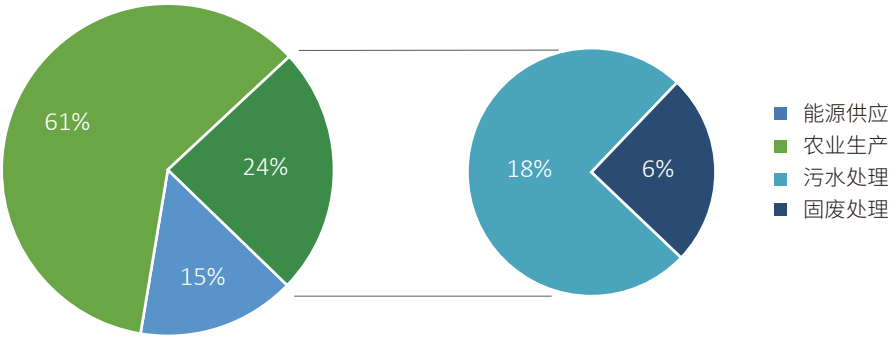


数据来源：《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》和《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》

[1] 中华人民共和国生态环境部, (2019). 中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告 https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtkz/201907/P020190701765971866571.pdf

[2] Teng, F., Su, X., & Wang, X. (2019). Can China Peak Its Non-CO_2 GHG Emissions before 2030 by Implementing Its Nationally Determined Contribution? Environmental Science & Technology, 53(21), 12168–12176. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04162

图 2: 2050年甲烷深度减排后剩余排放分行业占比[3]



数据来源：Lin et al., 2021

废弃物管理领域的政策梳理

从20世纪80年代至今，中国基本实现了生活垃圾的无害化处理。初步形成以垃圾分类为基础的垃圾处理及管理体系，以立法的形式明确了生活垃圾分类制度，并进一步强调提高生活垃圾分类处理能力和资源利用效率。

政策行动	主要措施
《关于公布第一批生活垃圾分类示范城市（区）的通知》	• 开展生活垃圾分类试点。 • 强制对有害垃圾、餐厨垃圾和可回收垃圾进行分类。 • 推行绿色发展方式，促进清洁生产和循环经济发展。 • 国家推行生活垃圾分类制度。 • 到 2025年底，全国生活垃圾分类收运能力达到 70 万吨/日左右，基本满足地级及以上城市生活垃圾分类收集、分类转运、分类处理需求；鼓励有条件的县城推进生活垃圾分类和处理设施建设。
《生活垃圾分类制度实施方案》	
《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》	
《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》	

类似地，城镇污水处理也得到迅速发展。中国先后出台了一系列支持文件，对污水处理厂污泥处理处置方式和污泥稳定化处理后的指标进行了规定和修订。

[3] Lin, J., Khanna, N., Liu, X., Wang, W., Gordon, J., & Dai, F. (2021). Opportunities to Tackle Short-lived Climate Pollutants and other Greenhouse Gases for China.

政策行动	主要措施
《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治最佳可行技术指南》(试行)	• 筛选出了污泥处理处置的最佳可行技术。 • 对城镇污水处理厂的污泥的来源与性质、污泥处理处置的技术路线与方案选择、污泥处置方式及相关技术、应急处置与风险管理等方面进行了规划。 • 要求对污泥进行稳定化、无害化和资源化处理处置，禁止处理处置不达标的污泥进入耕地。 • 鼓励将处理达标后的污泥用于园林绿化。
《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南(试行)》	
《水污染防治行动计划》（“水十条”）	
《土壤污染防治行动计划》（“土十条”）	

但由于“重水轻泥”的现象长期普遍存在，这些标准的制定过于粗放，对于实际的污泥处置过程指导性不足，并没有实际解决污泥问题。

废弃物管理面临的挑战

中国的废弃物处理处置具体到城市实际操作层面仍存在巨大的挑战。

以厌氧消化为例，沼气提纯进入管网及沼气发电补贴电价落实仍存在一定壁垒，沼液和沼渣的利用及处理处置也没有明确的政策支持。

市政污泥的处理处置还面临跨部门协调和规划瓶颈的挑战。在实践中由于污泥标准的制定和实施分布在农业部门、林业部门和环保部门等，因此符合要求的沼渣是否能够最终实现相应的土地利用很大程度上取决于政府部门的合作。

生活垃圾资源化处理不具有经济优势。原因在于大部分填埋设施仅计算了运营成本，而未考虑土地建设成本及环境成本，这也造成目前中国垃圾处理的格局仍以填埋为主（60%以上）[4]，由此产生大量温室气体。

此外，在中国应用推广厌氧消化还需要资金和政策支持。污泥处置环节的碳排放大约是污水处理系统的40%[5]，然而“重水轻泥”现象之下，仅部分地区将污泥处理处置费用纳入污水处理费。以江苏为例，污泥处理费仅占污水处理费15%[6]。尽管厌氧消化在技术层面成熟，但设施投资普遍不足，是目前污泥处理存在的主要壁垒之一。

[4] 陈美安、奚溪、Diego Montero、杨鹏、胡敏和汪燕辉（2021） 中国城市生活垃圾和市政污泥处理良好实践指南——温室气体减排视角 北京: 绿色创新发展中心

[5] 李晨. (2016). 污泥处理处置领域将引入碳交易 推动行业碳减排. 中国环保在线. https://www.chndaqi.com/news/235813.html

[6] 污泥处理补贴每吨多少钱合适？钱从哪里来？(2021). 环境风向标. https://huanbao.bjx.com.cn/news/20210729/1166581.shtml

但由于“重水轻泥”的现象长期普遍存在，这些标准的制定过于粗放，对于实际的污泥处置过程指导性不足，并没有实际解决污泥问题。

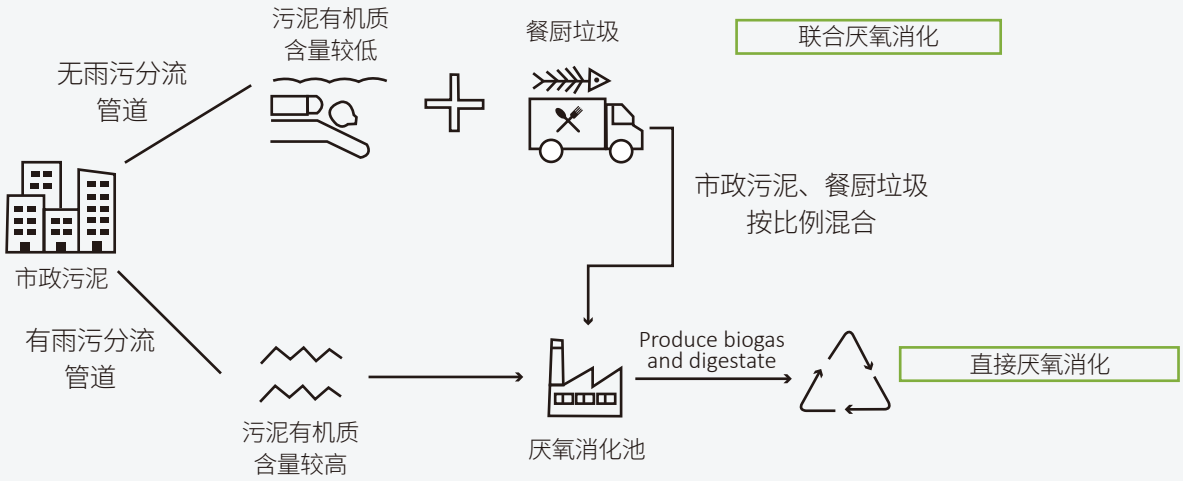
技术路径：厌氧消化作为废弃物处理处置领域非二气体减排的突破口

厨余垃圾经过处理后可以获得有价值的产品、燃料及能源。图3总结了不同来源的易腐有机垃圾及其品质。厌氧消化可以用于处理图3中类型1-3的垃圾。需要注意的是，类型4混合垃圾消化后产生的沼液沼渣利用场景有限。目前厌氧消化技术已经在国内外不同城市的生活垃圾处理中得到应用。

图 3: 厨余垃圾来源及品质

《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治最佳可行技术指南》（试行）认为厌氧消化+土地利用的减排空间大。在实践中，厌氧消化+土地利用的实现需要考虑污泥泥质特点，对有机质含量高的市政污泥直接进行厌氧消化，对有机质偏低的污泥则需进行联合厌氧消化，如图4所示。

图 4: 市政污泥厌氧消化的两种途径



在市政污泥有机质丰富的情况下，例如已经建立雨污分离管道的城市，污水处理厂可以通过升级设备，直接进行厌氧消化。由于中国市政污泥中含水率高、有机质含量较低且含砂量大（尤其是在尚没有实现雨污分离的城市中），沼气的产气量也会降低。在这种情况下，城市可以考虑将厨余垃圾与市政污泥进行联合厌氧消化这一低碳方式来处理市政污泥。这一方案在技术上可行并已有成熟的运用和实践，在控制好污泥与餐厨垃圾两者的混合比例下，可以提高厌氧消化的产气效率。

由于联合厌氧消化可使不同参与主体之间进行成本分摊，利用现有资金和基础设施，从而更好的发挥规模效应。此外，联合厌氧消化可以更多地减少挥发性固体，并加快产生沼气，同时也避免了单独修建餐厨垃圾（或者污泥）厌氧消化设备。联合厌氧消化面临的最大的挑战来自政策支持和部门合作。

案例：广东省深圳市联合厌氧消化实践

深圳市城市管理局与深圳市利赛环保科技有限公司（以下简称利赛）协议商定设计建设处理规模为500吨/日的生物质垃圾处置工程，处理对象包括污泥（300吨/日）和餐厨垃圾、厨余垃圾、菜场垃圾（200吨/日）等。工程投资为2.5亿元。

2015年12月，深圳龙华新区城市管理局与利赛于签署协议，协定由利赛提供龙华新区范围内的餐厨垃圾、厨余垃圾、菜场垃圾及其它性质相似的生物质垃圾的收运及处置服务。项目处理对象为餐厨垃圾和市政污泥，从污水厂进来的污泥（含水量80%）经过热水解脱水与餐厨垃圾一起厌氧消化。项目年处理生物质有机废弃物18.25万吨，年减排量相当于6.5万吨二氧化碳，沼气年产生量为876万立方米，全部用于发电。

案例信息：
https://www.mee.gov.cn/home/ztbd/2020/wfcsjssdgz/dcsj/ztyj/201912/W020191203564453552984.pdf

推动废弃物管理领域温室气体减排的政策建议

1. 通过立法保障和政策衔接来实现生活垃圾和市政污泥的全流程与系统性管理。由于从产生、运输到处理处置会涉及到不同的管理部门，通过立法形式对废弃物的全流程进行制度性的规范和约束可以打破管理壁垒，同时有利于推动各环节政策的衔接。成功案例[7]也显示无论是生活垃圾还是市政污泥的低碳化处理处置，以及沼气的资源化利用，例如上网发电或者是并入管网，都需要不同部门合作，而沼渣的处理更是需要部门政策的衔接才能得以实现。

2. 通过统筹规划与协同处理提高废弃物处理处置的经济性。如案例所示，对已经实行生活垃圾分类的城市而言，如果已经建成有餐厨垃圾处理厂，可以考虑与当地市政污泥进行联合厌氧消化，统筹利用基础设施，在降低成本的同时增加沼气产量，提高经济效益。此外，城市规划中对污水处理厂和餐厨垃圾场的合理规划和选址也可以促进两者之间的合作。

3. 把握碳排放自愿交易机制的市场机遇和绿色金融等政策机遇。全国碳市场下，控排企业可以使用国家核证自愿减排量(CCER)抵消碳排放配额清缴，抵消比例不超过5%，CCER抵消项目包括甲烷回收利用。此外，中国在各层面推行的循环经济、无废城市和绿色金融政策文件中，对厨余垃圾和污水厂污泥的统筹协调处置、固废源头减量和资源化利用以及绿色金融支持废弃物甲烷减排等领域已经有所涉及。

4. 推动废弃物行业建立强有力的监测、报告与核查体系（MRV）。废弃物行业是中国温室气体清单编制的重要领域之一，但城市废弃物处理行业的MRV体系仍处于起步阶段。大多只有原则性规定，缺乏针对性、系统性设计和制度建设。应重点关注MRV在温室气体排放量和减排量方面的监测和计算，为减少甲烷和氧化亚氮等非二氧化碳温室气体排放提供依据。

[7] 更多信息：陈美安、奚溪、Diego Montero、杨鹂、胡敏和汪燕辉（2021） 中国城市生活垃圾和市政污泥处理良好实践指南——温室气体减排视角 北京: 绿色创新发展中心

作者

撰稿：朱彤昕，胡敏，莫争春

关于iGDP

绿色创新发展中心（注册名：北京绿色伙伴咨询有限公司）是专注绿色低碳发展的战略咨询机构，通过跨学科、系统性、实证性的政策研究、梳理、比较和评估，推动低碳环境解决方案的精细化，提升可实施度。我们与多样的合作伙伴和利益相关方合作，共同推动实现零排放的未来；立足本土，讲述中国绿色低碳发展故事。绿色创新发展中心关注以下领域的研究、咨询和交流：

- 能源转型
- 绿色经济
- 气候战略
- 可持续城市
- 策略传播

绿色创新发展中心(iGDP)
地址：中国北京市朝阳区秀水街1号建外外交公寓7-1-51 100600
电话：86-10-8532 3096
传真：86-10-8532 2632
邮箱：igdpoffice@igdp.cn
网站：www.igdp.cn