

NDC系列简报

中国甲烷减排努力和前景展望

2024年11月

1. 甲烷减排的重要性

甲烷（CH₄）是仅次于二氧化碳的第二大温室气体，全球范围内的 CH₄ 正在以几十年内最快的速度增长¹，并在 2023 年创历史排放新高²。根据 IPCC 第六次评估报告的第一工作组报告，2010-2019 年间由人类活动造成全球地表温度比工业化前上升了约 1.07°C，其中 0.5°C 可以归因于 CH₄³。

甲烷同时是一种短寿命气候污染物（SLCPs），其在大气中的寿命约为 12 年，这意味着针对甲烷的减排策略能在较短期内带来多重效益⁴。IPCC 第六次评估报告认为，甲烷减排是未来几十年减缓全球变暖最高效的方法之一⁵。

除了减缓气候变暖的效应之外，甲烷减排还能改善环境、改善公众健康和促进粮食安全。根据气候与清洁空气联盟（CCAC）与联合国环境署（UNEP）联合发布的《甲烷评估报告》，每减排一百万吨的甲烷相当于每年可减少 1430 例过早死亡、4000 例与哮喘有关的就医，14.5 万吨由臭氧导致的粮食减产，以及由于极端高温导致的 400 万小时的工作时长损失⁶。此外，许多甲烷减排措施还能带来发展效益。例如沼气回收有助于提升能源安全，减少食物浪费有助于粮食安全，有效的废弃物管理能带来健康和空气质量等多重效益。



¹Milman, O. (2024, July 30). Global methane emissions rising at fastest rate in decades, scientists warn. The Guardian.

<https://www.theguardian.com/environment/article/2024/jul/30/methane-emissions-study>

²NOAA. (2024, August 22). International report confirms record-high global temperatures, greenhouse gases in 2023. <https://www.noaa.gov/news-release/international-report-confirms-record-high-global-temperatures-greenhouse-gases-in-2023>

³Shindell, D., Sadavarte, P., Aben, I., Bredariol, T. D. O., Dreyfus, G., Höglund-Isaksson, L., ... & Maasackers, J. D. (2024). The methane imperative. *Frontiers in Science*, 2, 1349770.

⁴Climate and Clean Air Coalition. (2024). Methane. <https://www.ccacoalition.org/zh-CN/short-lived-climate-pollutants/methane>

⁵胡敏, 梁红, 陈美安, 吴宛忆, & 耿浩淼. (2022). 甲烷减排: 碳中和新焦点.

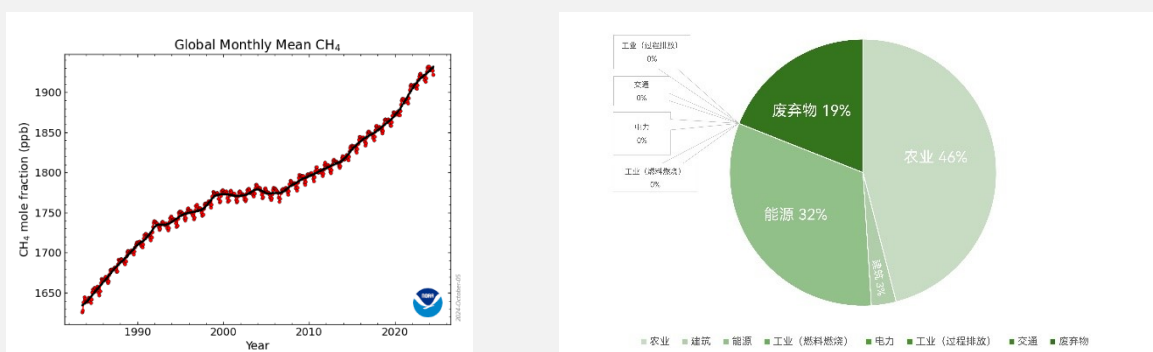
⁶United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (2021). *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions*.

2. 甲烷排放现状和趋势

2.1 全球排放

如图 1（左）所示，根据美国国家海洋和大气管理局（NOAA）数据⁷，全球甲烷排放总量自上世纪 80 年代以来呈上升趋势。图 1（右）展示了 2023 年全球甲烷的排放结构，其中农业领域是最大的人为甲烷排放源，占比达到 46%。紧随其后的是能源领域，在全球甲烷排放中占比近 1/3。废弃物处理处置贡献了全球 19%的甲烷排放。建筑、交通、工业部门和发电领域的化石燃料不完全燃烧也会产生少量甲烷，但相对较少，占比不到 4%。

图 1 全球甲烷排放趋势（左）和 2023 年全球甲烷排放的结构（右）



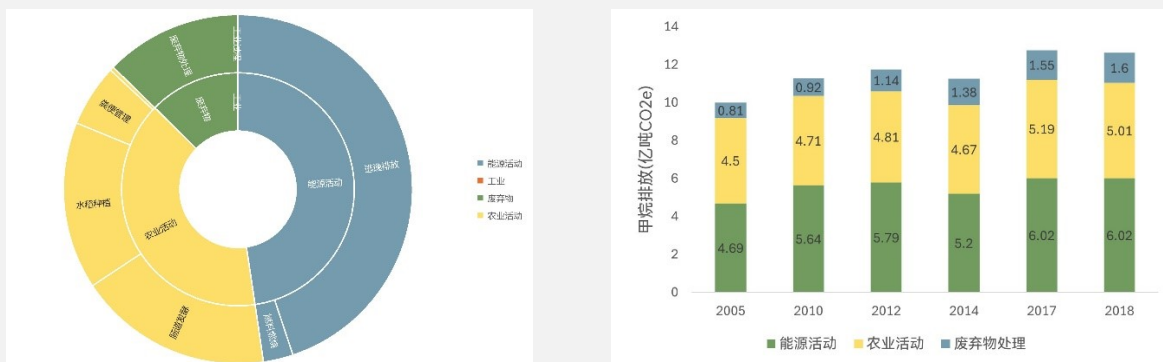
来源: 左图来自 NOAA (美国国家海洋和大气管理局), 右图由 iGDP 根据 EDGAR 全球大气研究排放数据库的信息绘制

2.2 中国排放情况

根据 2023 年 12 月发布的《中华人民共和国气候变化第三次两年更新报告》，2018 年我国甲烷排放（不含 LULUCF）为 6013.3 万吨。图 2（左）显示，能源活动带来的甲烷排放是最大的排放源，占比达 47.7%，其中多数来自逃逸排放（44.9%），少数来自化石燃料不完全燃烧（2.8%）。紧随其后的是农业活动，占我国甲烷排放 39.7%，动物肠道发酵（18%）和水稻种植（15.5%）是最主要的甲烷排放源。废弃物处理带来的甲烷排放占我国甲烷排放的 12.7%，名列第三。工业领域仅有 0.5 万吨甲烷排放，占比不足 0.01%。

⁷ NOAA. (2024). Global Monitoring Laboratory. https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/

图 2 中国 2018 年甲烷排放结构（左）和甲烷历史排放趋势（右）

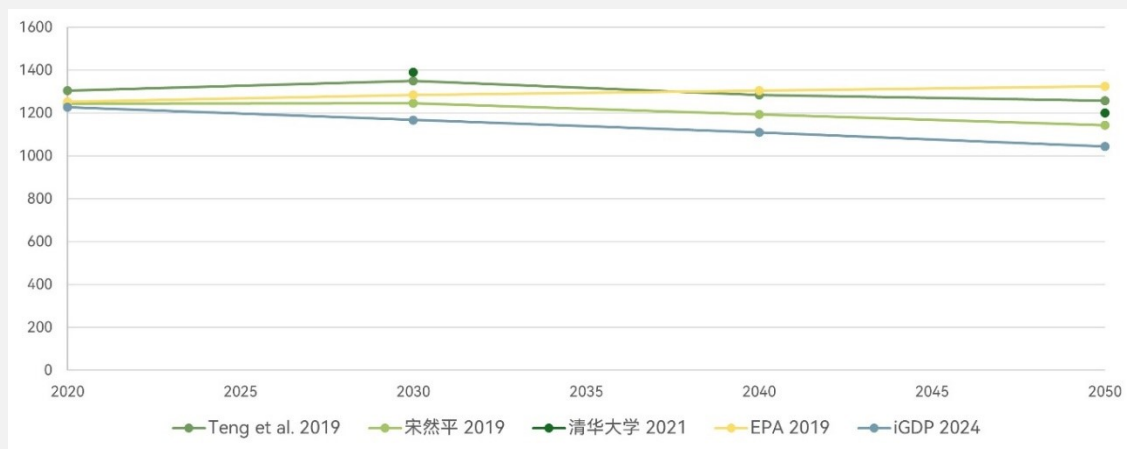


注：右图中数据使用 IPCC 第二次评估报告 (SAR) 的 100 年尺度 GWP 值

来源：iGDP 根据《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》、《中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报》和《中华人民共和国气候变化第三次两年更新报告》中公开发布的国家温室气体清单数据绘制。

(右) 展示了历年发布的国家温室气体清单。我国甲烷排放总量在 2005 ~2018 年呈波动上升趋势。能源活动的甲烷排放呈现出先增长后平台的趋势，农业活动的甲烷排放波动增加随后下降，而废弃物处理的甲烷排放持续增加。

图 2 不同研究下我国甲烷排放趋势预测 (百万吨 CO₂e, GWP=21)



来源：Teng et al., 2019⁸; 宋然平, 2019⁹; EPA, 2019¹⁰; 清华大学, 2021¹¹; iGDP, 2024¹²

国内外不同研究显示，在基准情景下我国甲烷排放到 2050 年仍将剩余 10 亿吨 CO₂e 以上，相对于基年水平仍处高位。

⁸ Teng, F., Su, X., & Wang, X. (2019). Can China peak its non-CO₂ GHG emissions before 2030 by implementing its nationally determined contribution? Environmental Science & Technology, 53(21), 12168–12176

⁹ 宋然平. (2019). 中国减缓气候变化的机遇：非二氧化碳类温室气体.

¹⁰ US Environmental Protection Agency. (2019). Global Non-CO₂ Greenhouse Gas Emission Projections & Mitigation Potential: 2015-2050.

¹¹ 清华大学气候变化与可持续发展研究院. (2021). 中国长期低碳发展战略与转型路径研究. 中国环境出版集团.

¹² iGDP. (2024). 能源政策模型(Energy Policy Simulator). <https://energypolicy.solutions/home/china-igdp/en>

3. 甲烷减排政策环境

3.1 全球甲烷减排的政策环境

全球逐渐加强对甲烷减排的关注，不同国家和地区先后出台甲烷减排战略和计划。近年来欧盟、美国、加拿大和巴西等国家和地区已经先后提出了综合性的甲烷减排战略，为能源、农业和废弃物管理三大行业设定甲烷减排行动与目标，同时加强排放数据的收集和清单编制，为甲烷减排提供科学的数据支持。除了财政拨款，部分国家还通过碳交易等市场机制促进甲烷减排。

表 1 主要国家出台的甲烷减排战略和计划

国家/地区	政策 (发布时间)	关注领域	主要行动与目标
美国	《美国甲烷减排行动计划》 ¹³ (2021)	综合性	<ul style="list-style-type: none">对油气排放源监管法规进行更新，若提案通过将减少覆盖的排放源中 75%的甲烷排放通过《基础设施投资和就业法案》为废弃矿区修复、甲烷减排和经济发展提供 113 亿美元的拨款废弃物领域：全国垃圾填埋场填埋气收集和燃烧率将达到 70%；2030 年比 2015 年减少 50%的食物损失和浪费农业领域通过基于经济激励的措施和自愿伙伴关系，实现 2030 年比 2019 年减排 10%
加拿大	《更迅速、更深入：加拿大甲烷战略》 ¹⁴ (2022)	综合性	<ul style="list-style-type: none">更新《甲烷排放法规》并设立用于投资绿色技术的基金，到 2030 年油气行业甲烷排放比 2012 年下降至少 75%与省级合作，加快废弃物资源化和能源化利用，到 2030 年废弃物行业甲烷排放比 2019 年减少 50%拨款超过 11 亿美元用于支持农业减排行动和农业清洁技术的开发利用；研究制定关于减少肉牛反刍甲烷排放和畜禽粪便甲烷减排的碳市场方法学¹⁵
欧盟	《欧盟甲烷减排战略》 ¹⁶ (2020)	综合性	<ul style="list-style-type: none">能源领域：加强天然气设施泄漏检测和维修，并考虑立法禁止常规的放空和火炬燃烧农业领域：创新性甲烷减排技术、动物饲料和饲养管理等最佳实践分享；对技术、基于自然的解决方案和饮食转变的研究；废弃物产沼废弃物领域：改善垃圾填埋场气体的管理，进行能源化利用；进一步研究生物甲烷的技术
	《欧盟新甲烷法规》 ¹⁷ (2024)	能源	<ul style="list-style-type: none">针对排放源的测量、报告和核查 (MRV) 要求对所有油气设备进行强制性泄露检测和维修禁止油气行业进行常规放空和火炬燃烧，并减少非常规放空和火炬燃烧（如出现技术故障的情况）2030 年起欧盟进口的煤油气甲烷强度需要低于欧委会后期设定的上限值2027 年起限制供热煤矿的甲烷放空，2030 年起禁止废弃矿井的甲烷放空将建立废弃矿井排放清单，覆盖自 1954 年起停工的矿井，并监测甲烷排放情况

¹³ The White House Office of Domestic Climate Policy. (2021). The White House. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf>

¹⁴ Government of Canada. (2022). Faster and Further: Canada's Methane Strategy. <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/reducing-methane-emissions/faster-further-strategy.html>

¹⁵ Government of Canada. (2024). Canada's Greenhouse Gas Offset Credit System: Protocols. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/pricing-pollution-how-it-will-work/output-based-pricing-system/federal-greenhouse-gas-offset-system/protocols.html>

¹⁶ European Commission. (2020). EU strategy to reduce methane emissions. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0663>

¹⁷ The European Parliament and the Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1787 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on the reduction of methane emissions in the energy sector and amending Regulation (EU) 2019/942. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401787

国家/地区	政策 (发布时间)	关注领域	主要行动与目标
巴西	《国家零甲烷计划》 ¹⁸ (2022)	综合性	<ul style="list-style-type: none"> • 鼓励碳市场特别是“甲烷信用” • 鼓励为轻型和重型车辆提供燃料的试点 • 鼓励生物发酵罐、沼气净化系统等将沼气和生物甲烷作为可再生能源和燃料的技术应用 • 支持甲烷减排的科研，以及技术和实践的传播 • 促进国家和国际融资合作、能力建设、开发、转让和推广减少甲烷排放的技术

来源：iGDP 整理

甲烷减排也成为全球合作所关注的重点议题。在 2021 年第 26 届联合国气候变化大会（COP 26）上，有 100 多个国家联合签署了全球甲烷承诺倡议（Global Methane Pledge），承诺到 2030 年将甲烷在 2020 年基础上减少至少 30%。2023 年中美两国在《关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明》中也提到，两国将在各自国家甲烷行动计划基础上制定各自纳入其 2035 年国家自主贡献的甲烷减排行动/目标，并支持两国各自甲烷减/控排取得进展。同时，两国将支持地方层面在各领域通过政策对话、最佳实践分享等方式开展气候合作¹⁹。

3.2 中国甲烷减排的政策环境

我国早在 2007 年的第一份《中国应对气候变化国家方案》就已经提出了甲烷减排行动和煤矿甲烷减排的量化目标。进入“十四五”时期和“双碳”目标提出以来，我国更加重视甲烷减排工作，陆续发布了多项政策（见表 2）。2023 年 11 月，我国开展甲烷排放管控的顶层设计文件《甲烷排放控制行动方案》出台，在关注能源、农业和废弃物等重点甲烷减排领域的同时，提出加快形成甲烷排放监管体系，有力有序有效控制甲烷排放。



¹⁸ International Energy Agency. (2023, February 14). National Programme for the Reduction of Methane Emissions - Zero Methane. <https://www.iea.org/policies/17045-national-programme-for-the-reduction-of-methane-emissions-zero-methane>

¹⁹ 生态环境部. (2021, November 15). 新华社中美关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明. http://www.news.cn/2023-11/15/c_1129976165.htm

表 2 我国“十四五”以来推动甲烷减排的政策

领域和排放源		政策	具体行动及目标
能源	煤矿开采	<ul style="list-style-type: none"> 《甲烷排放控制行动方案》 《关于进一步加强煤炭资源开发环境影响评价管理的通知》 	<ul style="list-style-type: none"> 鼓励引导煤炭企业加大煤矿瓦斯抽采利用。到 2025 年，煤矿瓦斯年利用量达到 60 亿立方米。 甲烷体积浓度≥8%的抽采瓦斯，在确保安全的前提下，应进行综合利用；鼓励对甲烷体积浓度在 2%~8%的抽采瓦斯以及乏风瓦斯，探索开展综合利用。
	油气开采	<ul style="list-style-type: none"> 《甲烷排放控制行动方案》 《“十四五”现代能源体系规划》 	<ul style="list-style-type: none"> 加大油气田甲烷采收利用力度。 鼓励企业开展伴生气与放空气回收利用，努力逐步减少常规火炬排放。 到 2030 年，油田伴生气集气率达到国际先进水平。
农业	畜禽养殖	<ul style="list-style-type: none"> 《农业农村减排固碳实施方案》 《甲烷排放控制行动方案》 《“十四五”全国农业绿色发展规划》 《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》 《关于进一步加强水资源节约集约利用的意见》 	<ul style="list-style-type: none"> 推广精准饲喂技术。推进品种改良。推广低蛋白日粮、全株青贮等技术；合理使用基于植物提取物、益生菌等饲料添加剂。
	水稻种植		<ul style="list-style-type: none"> 因地制宜推广稻田节水灌溉技术。选育推广高产、优质、节水抗旱水稻品种。改进稻田施肥管理，推广有机肥腐熟还田。
	畜禽粪便管理		<ul style="list-style-type: none"> 推广节水型机械干清粪等技术和工艺。 改进畜禽粪污存储及处理设施装备，推广粪污密闭处理、气体收集利用或处理等技术。 加大畜禽粪污和秸秆资源化利用先进技术和新型市场模式的集成推广。 提升畜禽养殖粪污资源化利用水平。因地制宜发展农村沼气、规模化沼气/生物天然气工程。 到 2025 年，畜禽粪污综合利用率达到 80%以上，2030 年达到 85%以上。
废弃物	垃圾处理	<ul style="list-style-type: none"> 《甲烷排放控制行动方案》 	<ul style="list-style-type: none"> 推动生活垃圾源头减量、分类回收和资源化利用。提高填埋气体回收利用水平。 到 2025 年，全国城市生活垃圾资源化利用率达到 60%左右。
	污水处理	<ul style="list-style-type: none"> 《甲烷排放控制行动方案》 《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》 	<ul style="list-style-type: none"> 稳步提高污泥无害化、资源化利用水平。鼓励采用污泥厌氧消化等方式产沼并加强回收利用。 到 2025 年，城市污泥无害化处置率达到 90%以上。 科学开展污水管网清淤管护。 推广污泥沼气热电联产。
其他	工业、交通	<ul style="list-style-type: none"> 《甲烷排放控制行动方案》 	<ul style="list-style-type: none"> 妥善处置工业生产产生的含甲烷可燃性气体。 推动机动车船动力系统技术提升，实现污染物与甲烷协同控制。

来源：iGDP 整理

4.我国甲烷减排机遇和挑战

4.1 能源

煤矿甲烷减排主要通过通过对逸散的甲烷进行回收及利用。根据瓦斯的浓度采用不同的利用方式，主要利用方式如下表所示。总体而言，煤矿瓦斯的浓度越高，其利用的技术经济性也越好²⁰。

表 3 煤矿瓦斯综合利用技术路线

甲烷浓度	主要来源	用途	特征	经济性
90%以上	地面煤层气抽采及少量的煤矿井下抽采	民用、汽车燃料等	便于储存和远距离运输	技术可行性高，技术路线成熟，收益稳定，是我国目前普遍采用的瓦斯利用方式
30%~90%	煤矿井下抽采	民用、化工原料、燃气锅炉、发电、甲烷提纯等		
8%~30%	煤矿井下抽采	基本用于发电，内燃机发电配套余热利用	不便于长途运输，就近送入煤层气管网或发电	技术路线成熟，发电经济性较好，在我国多地已有应用且运行相当稳定
1%~8%	煤矿井下抽采	催化氧化或蓄热氧化供热或发电		投资成本高、经济性差，仍处于项目示范阶段
1%以下	煤矿乏风瓦斯	主要通过掺混氧化和辅助燃料技术实现利用，剩余全部排空	甲烷浓度低且风量巨大，难以直接利用	投资成本高、经济性差，盈利依赖高碳交易价格和规模效应

来源: iGDP 根据《<煤层气(煤矿瓦斯)排放标准>(修订 GB 21522-2008)编制说明》整理

据统计，甲烷浓度低于 0.75% 的乏风瓦斯占我国煤矿瓦斯甲烷总量的 81%²¹。日前，生态环境部先后组织编制了《温室气体自愿减排项目方法学 煤矿低浓度瓦斯和风排瓦斯利用》(以下简称《方法学》)和《煤层气(煤矿瓦斯)排放标准(修订征求意见稿)》(以下简称《标准》)，并公开征求意见。《标准》送审稿已于 9 月通过审查²²，实施之后将把允许排放的煤矿瓦斯排放限值从 30% 调整到 8%，对于促进资源回收、控制甲烷排放、应对气候变化具有积极作用。同时，《方法学》将支持 8% 以下的低浓度煤矿瓦斯项目由产业发展初期向规模化发展的顺利过渡，为煤矿甲烷减排提供机遇。

²⁰ 山西超越瓦斯研究中心。(2021). 中国中心在行动. <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/22.%20ICE%20China%20-%20Workshop%20Poland.pdf>

²¹ 渠沛然.(2023, November 20). 甲烷控排新政倒逼低浓度瓦斯利用提速. 中国能源报. <http://paper.people.com.cn/zgnyb/images/2023-11/20/02/zgnyb2023112002.pdf>

²² 国家气候战略中心.(2024, September 23). 国家标准《煤层气(煤矿瓦斯)排放标准》送审稿顺利通过专家评审.

http://www.ncsc.org.cn/xwdt/zxxw/202409/t20240923_1086588.shtml

专栏 1：山西低浓度煤矿瓦斯减排的良好实践

位于山西省吕梁市的柳林寨崖底煤矿 3MW 低浓度瓦斯发电项目，由山西君柳新能源科技有限公司（简称“君柳新能源”）和柳林寨崖底煤矿合作运行。由煤矿提供气源，项目的投资、建设和运营主体则为君柳新能源。寨崖底煤矿核定生产能力为 175 万吨/年，矿井的瓦斯浓度为 5%–8%。

根据煤矿的气源条件，君柳新能源采用自研的专利技术：煤矿低浓度瓦斯安全稳定燃烧专利技术，对煤矿瓦斯进行综合利用。项目配套 1×3MW 蒸汽轮机发电机组，每年可向煤矿供电约 1920 万度，相当于节约标准煤 5766 吨，年销毁甲烷达到 1200 万立方米，折合减排二氧化碳 22 万吨，大致相当于中国 3 万人的年均二氧化碳排放量。

项目收益主要由电价收入和财政补贴两部分构成。煤矿瓦斯发电项目生产的电力，除小部分自用外，直接供给山西柳林寨崖底煤矿获得供电收益。此外，项目每年可以根据利用量获得瓦斯利用补贴。

来源：绿色创新发展研究院. (2024). 中国低浓度煤矿瓦斯减排良好实践分析报告.

煤矿甲烷中有一部分来自废弃矿井的甲烷排放（AMM），仍需要更多研究。尤其是在煤矿的废弃时间、状态、残余气体含量以及地址条件等都可能产生影响的情况下²³，AMM 的排放特征和排放量都还需要更加精准的测算。此外，AMM 减排技术在我国的开发还处于探索阶段，专业公司缺乏²⁴，也需要更多研究试验。

²³ 梁运培, 李左媛, 朱拴成, 陈强, 王鑫, & 秦朝中. (2023). 关闭/废弃煤矿甲烷排放研究现状及减排对策. 煤炭学报, 48(4), 1645-1660.

²⁴ 朱妍. (2021, April 5). 甲烷减排箭在弦上. 中国能源报. http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2021-04/05/content_2042088.htm

4.2 农业

农业领域甲烷减排，与循环经济、粮食安全、乡村振兴等重要政策之间存在协同，农业领域一直是农业农村减排固碳的重点机遇所在。

4.2.1 畜禽养殖

养殖业的甲烷排放主要来自反刍动物胃肠道发酵和动物粪便管理。在反刍动物肠道发酵方面，《农业农村减排固碳行动方案》和《甲烷减排行动方案》中提出推广低蛋白日粮、全株青贮等技术；合理使用基于植物提取物、益生菌等饲料添加剂和多功能营养舔砖等技术手段来控制甲烷排放。

调整饲料结构：通过对粗饲料进行青贮、微生物处理或氨化处理等可以减少甲烷排放²⁵。调整饲料配方并精准投喂，优化饲料的精粗比也可以减少甲烷排放。

饲料中添加辅料：添加茶皂素和大蒜素等植物提取物，能够通过调控瘤胃微生物等途径降低甲烷²⁶。添加酵母菌和芽孢杆菌、乳酸杆菌等益生菌也可以调控瘤胃发酵作用从而降低甲烷排放²⁷。

我国一直以来致力于提高畜禽粪便管理水平，同时积极推动资源化利用。《农业农村减排固碳行动方案》和《甲烷减排行动方案》中提出，改进畜禽粪污处理设施装备，推广粪污密闭处理、气体收集利用或处理等技术，以降低甲烷排放。

优化畜禽粪污管理：通过干清粪和粪水分离方式处理畜禽粪污，减少了进入厌氧环境的有机物的总量，可以减少甲烷排放²⁸。

畜禽粪污肥料化利用：好氧堆肥过程中通过翻堆和强制通风可以减少甲烷排放，通过添加生物炭可以同步降低 19%的甲烷排放²⁸。

畜禽粪污能源化利用：主要包括建设沼气工程，将收集到的沼气进行并网发电或者制成生物天然气等方式。研究显示，收集畜禽粪污厌氧发酵产生的沼气能大幅减少甲烷排放⁵。

²⁵ 娜仁花, 董红敏, 陈永杏, & 周志凯. (2011). 日粮精粗比对瘤胃发酵特性的影响. 中国畜牧杂志, 47(9), 49–54.

²⁶ 邹晓霞, 李玉娥, 高清竹, 万运帆, & 石生伟. (2011). 中国农业领域温室气体主要减排措施研究分析. 生态环境学报, 20(8/9), 1348–1358.

²⁷ 高尕, 石红梅, 刘汉丽, 才让闹日, 徐海, 丁考仁青, 马桂琳, 李鹏霞, & 万玛吉. (2022). 益生菌对反刍动物生产及降低甲烷排放的研究进展. 中国牛业科学, 48(2), 67-72.

²⁸ 朱志平, 董红敏, 魏莎, 马金智, & 薛鹏英. (2020). 中国畜禽粪便管理变化对温室气体排放的影响. 农业环境科学学报, 39(4), 743–748.

4.2.2 水稻种植

稻田甲烷排放控制可以通过水分管理、农田管理和推广高产低排的水稻品种等方式实现。《农业农村减排固碳行动方案》和《甲烷减排行动方案》中提出，因地制宜推广稻田节水灌溉技术；选育推广高产低碳水稻品种；改进稻田施肥管理，推广有机肥腐熟还田等促进稻田甲烷减排的行动。

稻田灌溉模式调整： 相较长期淹灌，采取中期晒田的方式不仅能提高水稻产量，还能减少 20%~60% 的甲烷排放²⁹，湿润灌溉和间歇灌溉也可以分别减少甲烷排放 47% 和 39%²⁹。

调整农田管理措施： 少耕和免耕相比翻耕，能够一定程度上减少甲烷产生。研究表明免耕稻田比传统翻耕稻田的甲烷排放低 30% 左右³⁰。秸秆腐熟还田的甲烷排放约为秸秆直接还田的 1/3³¹，过腹还田或旱季还田也能削弱甲烷减排。

高产低排的水稻品种： 高产低排水稻品种选育可以在种植中保持高产稳产的同时降低甲烷排放。在保障粮食安全的前提下，推广此项技术能够实现我国稻田甲烷减排 5%~10%³²。

专栏 2：我国西南地区气候友好的水稻种植

云南和四川山地地区的一些乡村，通过开沟起垄的方式来进行水稻旱作——在平整好的田地里开挖形成的长条形土堆（即垄）的上面进行水稻种植，而在垄和垄之间较为低洼的地方（即垄沟）上进行灌溉，可以大幅减少稻田与水接触的时间并进而减少甲烷排放。

在四川简阳地区的一个村庄，农户正在通过覆盖免耕和开沟起垄的方式来种植水稻。在水稻种植前采用免耕方式减少对土壤的扰动，在种植过程中采用开沟起垄减少水稻淹水时间，同时用菜籽饼来作为肥料替代化肥，并且采用当地的菜籽壳做覆盖来增温保湿。

在云南山地地区，当地一支关注农业气候变化的团队也对水稻直播旱种进行了尝试，探讨能够适应干旱条件的水稻种植方式。通过与当地的农技推广中心以及农户合作，选取高产低排放的水稻品种来尝试直播旱种。

来源： 绿色创新发展研究院. (2023). 探路农食系统转型——中国农食系统应对气候变化实践年度报告 2023.

²⁹ 米松华, 黄祖辉, 朱奇彪, 黄河啸, & 李宝值. (2016). 稻田温室气体减排成本收益分析. 浙江农业学报, 28(4), 707-716.

³⁰ Zhao, X., Liu, S. L., Pu, C., Zhang, X. Q., Xue, J. F., Zhang, R., ... & Chen, F. (2016). Methane and nitrous oxide emissions under no-till farming in China: A meta-analysis. *Global change biology*, 22(4), 1372-1384.

³¹ 石生伟, 李玉娥, 刘运通, 万运帆, 高清竹, & 张仲新. (2010). 中国稻田 CH₄ 和 N₂O 排放及减排整合分析. 中国农业科学, 43(14), 2923-2936.

³² 非二氧化碳温室气体减排技术发展研究组. (2022). 非二氧化碳温室气体减排技术发展评估与展望. 中国科学技术出版社.

4.3 废弃物

4.3.1 固废处理

在国家的引领下，绝大部分省份已在《“无废城市”建设实施方案》、《城乡建设领域碳达峰实施方案》等政策文件中明确提出生活垃圾资源化利用的目标，将有利于固废处理的甲烷减排。

源头减量、垃圾分类：首先在生产、流通和消费过程中减少垃圾量的产生，其次对垃圾进行分类收集、运输和处理。目前，我国已在 46 个城市实行生活垃圾强制分类。

餐厨垃圾厌氧消化：利用微生物在厌氧环境中将有机物转化为沼气和沼渣沼液，可以实现物质和能源回收。沼气可发电和供热，沼渣沼液可以生产液肥或堆肥⁵。

加强垃圾填埋气回收利用：利用垃圾填埋气发电和供热，或提纯作为天然气进行利用的工艺技术十分成熟，在我国上海、天津、广东、陕西、山西等地均有应用。此外，垃圾填埋气还能制取汽车燃料³³。

专栏 3：垃圾填埋场填埋气综合利用实践

广东省深圳市下坪填埋场生活垃圾填埋量约为 6000 吨/日，自 2007 年开始进行填埋气收集及甲烷摧毁，部分气体以特许经营的方式开展综合利用。填埋气收集系统为政府投资，企业付资源使用费，填埋气发电利用系统和提纯利用系统为企业投资建设并运营管理，项目运营商为中国水业集团。

目前填埋气收集量为 40000 立方米/时，其中部分通过发电机组发电后并入电网，日发电量为 80 万千瓦时；另建有填埋气提纯系统，处理能力为 5000 立方米/时，60000 立方米/天，其余填埋气经封闭式火炬进行甲烷摧毁。下坪填埋场于 2007 年申请注册为 CDM（京都议定书下的清洁发展机制项目），共计实现减排量 448 万吨二氧化碳当量。

来源：绿色创新发展研究院。(2021). 中国城市生活垃圾和市政污泥处理良好实践指南.

³³ 张相锋, 肖学智, 何毅, 陈家军, & 杨志峰. (2006). 垃圾填埋场的甲烷释放及其减排. 中国沼气, 24(1), 3-8

4.3.2 废水处理

我国历来重视污水处理。《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》和《甲烷排放控制行动方案》分别着力于减少厌氧处理过程的甲烷排放，以及对末端的甲烷进行回收和资源化利用。

开展污水管网清淤管护：定期对污水管网进行清淤维护可减少污水中的有机碳转化成甲烷排放，同时避免污水处理厂进水碳源浓度偏低、影响污水处理效率³⁴。

安装污泥厌氧消化系统：厌氧消化池用于处理好氧污水处理过后的污泥等生物固体，能够产生沼气，所收集的甲烷能够通过能源化利用（注入天然气网或用作发电、供热等）来减少排放⁵。

在现有露天厌氧池中加装沼气抽采系统：与投资建设新的集中式好氧处理厂相比，封闭现有的污水处理池并抽采沼气或具有更优的经济性⁵。



³⁴ 刘良伟. (2024, January 31). 喊话污水处理企业：温室气体控排来了，准备好了吗？|减污降碳协同增效之污水处理⑤. 中国环境报. <http://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1111288>

5.我国甲烷减排展望

当前，我国甲烷减排与多项已出台的政策形成合力，例如“无废城市”、农业农村绿色发展、减污降碳等行动相结合和协同，为甲烷排放控制提供抓手，有利于推进甲烷减排工作。

我国已公布修订版煤层气（煤矿瓦斯）排放标准和相关的 CCER 方法学的征求意见稿，有望双管齐下促进能源领域甲烷减排。我国已通过补贴测土配方施肥、有机肥替代、畜禽粪污资源化利用等方式促进农业绿色生产³⁵。未来若能在农业领域出台类似的方法学或相关标准，通过市场机制为农业减排提供经济激励，或在生产端为减排效果好且易于监测核证的绿色低碳的农业生产技术，如间歇性灌溉、高效肥料、秸秆腐熟还田等提供补贴³⁶，能够推动种植户、养殖户采用低碳的生产方式，从而促进我国农业领域的甲烷减排。

随着国际社会对甲烷减排的关注度日益提高，加强甲烷减排领域的国际交流与合作，例如与欧盟在排放监测、制度设计和法律法规层面的交流学习，以及欧盟和美国在废弃矿井甲烷方面的经验和技術，对于我国甲烷控制政策和法规标准体系、MRV 体系建设和统计核算、减排技术创新和进步等方面的能力建设均有帮助。

对于甲烷排放源分散的农业领域，实现有效的 MRV 十分困难。欧盟的经验指出，在农业领域加强全生命周期甲烷排放核算，对于 MRV 是一种很好的补充。引导性的最佳减排实践和技术清单对于推广减排技术也有显著作用³⁷。

³⁵ 乔金亮. (2023, January 17). 农业企业怎样低碳发展. 经济日报. http://paper.ce.cn/pad/content/202301/17/content_267473.html

³⁶ 王斌, 蔡岸冬, 宋春燕, 秦晓波, 刘硕, & 李玉娥. (2023). 稻田甲烷减排: 技术、挑战与策略. 中国农业资源与区划, 44(10):10-19. <http://www.cjarrp.com/zgnyzyyqh/article/html/202310002>

³⁷ 董文娟, 孙铎, 李天昊, 杨秀, & 李政. (2021). 欧盟甲烷减排战略对我国碳中和的启示. 环境与可持续发展, 46(2), 7.

报告作者：朱彤昕 绿色创新发展研究院 分析师

邮箱：zhutongxin@igdp.cn

排 版：包林洁

免责声明

本报告内容和观点仅代表作者的个人理解和观点，旨在加强相关领域的讨论交流，不代表支持方、作者所属机构、调研专家学者的立场和观点。本报告内容采用数据和信息均来自公开的信息和渠道，我们力求准确和完整，但难免偶有疏漏，敬请谅解并指正。

引用建议

朱彤昕. 2024. NDC 系列简报：中国甲烷减排努力与前景展望. 工作论文. 北京: 绿色创新发展研究院.

关于绿色创新发展研究院

绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress), 简称:研究院 (iGDP), 是专注绿色低碳发展的战略咨询平台, 2014 年成立于北京, 旨在成为具领先专业素养和独立影响力的国际化智库。研究院根植我国地方绿色低碳实践, 面向全球应对气候变化进程, 为决策者、投资者和社区提供具有国际视野和前瞻思考的解决方案及公益性知识产品。

联系方式:

电话: 86-10-8532 3096

传真: 86-10-8532 2632

邮箱: igdpooffice@igdp.cn

网站: www.igdp.cn

地址: 中国北京市朝阳区秀水街 1 号建外外交公寓 6-2-62

