

2023年12月

# 甲烷排放管控路径与政策研究 (简版报告)



生态环境部环境规划院  
Chinese Academy of Environmental Planning



自然资源保护协会  
NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL



自然资源保护协会 (NRDC) 是一家国际公益环保组织, 成立于 1970 年。NRDC 拥有 700 多名员工, 以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代中起在中国开展环保工作, 中国项目现有成员 40 多名。NRDC 主要通过开展政策研究, 介绍和展示最佳实践, 以及提供专业支持等方式, 促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC 在北京市公安局注册并设立北京代表处, 业务主管部门为国家林业和草原局。请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>



生态环境部环境规划院 (CAEP) 成立于 2001 年, 主要开展国家生态文明、绿色发展、环境经济等发展战略研究, 承担国家和地方中长期环境战略规划与年度计划、污染防治和生态保护规划、流域区域和城市环境保护规划等理论方法研究、模拟预测分析、规划研究编制、实施评估考核等技术工作; 承担中央财政专项资金项目技术咨询、技术服务和绩效评估等工作。规划院面向“双碳”的重大决策服务有扎实的研究基础与丰富的实践经验。依托于国家环境规划与政策模拟重点实验室与碳达峰碳中和研究中心, 建有中国生态环境大数据共享平台, 研发有中国高空间分辨率 (1km) 排放网格数据库 (CHRED), 中国城市二氧化碳排放数据集 (长时间序列), 碳排放 - 能源集成模型 (iCEM) 等成果, 长期参与 IPCC 各类指南撰写工作, 在国家 and 地方“双碳”决策中发挥重要作用。

## 研究报告

- 《甲烷排放管控路径与政策研究》(简版报告)
- 《工业园区温室气体核算技术指南研究报告》
- 《江苏省工业园区绿色低碳发展路径研究报告》
- 《碳达峰碳中和目标下内蒙古电力低碳发展研究》
- 《山东省中小燃煤电厂低碳高质量发展路径分析》执行摘要
- 《双碳背景下发电侧储能综合价值评估及政策研究》简版
- 《碳中和目标下山西省煤电产业转型发展和定位研究》
- 《碳中和目标下山西省焦化产业转型发展和定位研究》
- 《汾渭平原深入打好污染防治攻坚战煤炭总量控制研究报告》
- 《面向碳中和的氢冶金发展战略研究》执行摘要
- 《碳中和目标下中国火电上市公司低碳转型绩效评价报告 2022》简版
- 《山东省“十四五”重点耗煤行业减煤路径研究》
- 《双碳目标下的五大发电集团发电业务低碳转型研究》
- 《“双碳”与空气质量改善双目标下的安阳市中长期控煤路径研究》
- 《“双碳”背景下河南省电力行业中长期控煤路径研究报告》
- 《碳达峰与碳中和背景下山东电力行业低碳转型路径研究》执行摘要
- 《内蒙古煤炭生产和消费绿色转型研究》摘要报告
- 《霍林郭勒产业园绿色低碳发展研究》(简本)
- 《内蒙古典型城市煤炭消费与大气质量的关联分析及政策建议》
- 《内蒙古采煤沉陷区生态修复与可再生能源利用研究》
- 《“十四五”山西省非煤经济发展研究》
- 《碳达峰碳中和背景下山西煤电行业转型发展研究》
- 《碳达峰碳中和背景下山西焦化行业转型发展研究》
- 《中国典型省份煤电转型优化潜力研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下重点行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《中国典型省份煤电转型优化潜力研究执行摘要》
- 《碳达峰碳中和目标约束下重点行业的煤炭消费总量控制路线图研究执行摘要》
- 《碳达峰碳中和目标约束下水泥行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下电力行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下钢铁行业的煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《碳达峰碳中和目标约束下煤化工行业煤炭消费总量控制路线图研究》
- 《山西省“十四五”煤炭消费总量控制政策研究》
- 《“十四五”电力行业煤炭消费控制政策研究》
- 《中国散煤综合治理研究报告 2020》

.....

请访问网站了解更多详情 <http://www.nrdc.cn/>

# 甲烷排放管控路径与政策研究

## (简版报告)

### 报告编写人员

#### 项目负责人:

曹东 首席专家 / 研究员 生态环境部环境规划院

#### 课题负责人:

段扬 助理研究员 生态环境部环境规划院

#### 课题研究人员:

蒋洪强 副总工 / 研究员 生态环境部环境规划院

张伟 研究员 生态环境部环境规划院

薛英岚 博士 生态环境部环境规划院

赵静 助理研究员 生态环境部环境规划院

高月明 助理研究员 生态环境部环境规划院

2023年12月

---

# 目录

---

前言	v
1. 研究背景	1
2. 全球甲烷排放及管理现状	3
3. 中国甲烷排放及管理现状	5
4. 能源开采甲烷减排措施及管控路径	7
4.1 行业发展现状	
4.2 能源开采甲烷管理措施现状	
4.3 能源开采行业甲烷排放管控路径	
5. 农业生产甲烷减排措施及管控路径	12
5.1 行业发展现状	
5.2 农业生产甲烷管理措施现状	
5.3 农业生产行业甲烷排放管控路径	

6. 废弃物处理甲烷减排措施及管控路径	17
6.1 行业发展现状	
6.2 废弃物处理甲烷管理措施现状	
6.3 废弃物处理行业甲烷排放管控路径	
7. 中国甲烷控排相关对策建议	21
参考文献	25

---

# 图目录

---

图 2-1: 2021 年全球人为源甲烷排放密度	4
图 4-1: 中国 2000-2021 年煤炭产量和其占一次能源产量比例	8
图 4-2: 中国 2000-2021 年原油产量和其占一次能源产量比例	9
图 4-3: 中国 2000-2021 年天然气产量和其占一次能源产量比例	9
图 5-1: 2000-2021 年中国水稻种植面积及产量变化	13
图 5-2: 2000-2021 年中国猪及羊饲养量变化	14
图 5-3: 2000-2021 年中国牛及家禽饲养量变化	14
图 6-1: 2004-2021 年中国生活垃圾处理量	18

# 前言

甲烷作为仅次于二氧化碳的第二大温室气体，对于全球变暖的贡献率约为四分之一。由于甲烷在大气中的寿命较短（12 年左右），减排活动可以直接有效快速地降低大气中甲烷浓度，甲烷减排所带来的气候效益显著，因此越来越引起国际社会的关注。2021 年 COP26 大会上提出“全球甲烷承诺”，表示到 2030 年前将削减甲烷排放至 2020 年的 70%。在此期间中美两国共同发布了《中美关于在 21 世纪 20 年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》，明确提出双方将开展甲烷减排合作，表明中美这两个全球最大经济体和温室气体排放国在应对气候变化领域合作迈出可喜一步，也标志着甲烷减排已从科学共识走向政治共识。在 NRDC 支持下，生态环境部环境规划院开展了甲烷排放管控与政策研究，研究聚焦中国甲烷排放管控路径，通过梳理国内外甲烷排放现状及管理经验，从能源开采、农业生产以及废弃物处理三个主要排放来源出发，分析现状主要管理措施并提出相应管控路径。

# 1

## 研究背景

甲烷作为全球第二大温室气体，具有增温潜势高、寿命短的特点，主要来源于煤炭、油气生产、农业和废弃物处理等领域。甲烷减排活动可以直接有效快速地降低大气中甲烷浓度，甲烷减排所带来的气候效益显著，对于人类实现《巴黎协定》提出的温升控制目标意义重大。甲烷回收后还可作为清洁能源及众多化工产品原料，产生重要的经济效益和环境效益。2021年11月中美双方在联合国气候变化格拉斯哥大会期间发布《中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》中明确提出双方将开展甲烷减排合作，也标志着甲烷减排已从科学共识走向政治共识。2023年11月，《甲烷排放控制行动方案》经国务院同意，并由生态环境部联合有关部门对外公开发布。该方案是中国开展甲烷排放管理控制的顶层设计文件。

本研究首先从宏观角度梳理了全球及中国当前甲烷排放情况及管理现状，之后聚焦于能源开采、农业生产以及废弃物处理这三大人为源甲烷排放来源，在分析行业现状的基础上，分别从政策和技术两个层面介绍当前国内外主要管理措施并提出相应行业管控路径，最后提出中国未来在推动甲烷减排方面的若干建议，为合理开发和有效利用甲烷资源，助力实现全面系统性的温室气体减排提供参考。

# 2

## 全球甲烷排放及管理 现状

甲烷是仅次于二氧化碳的重要温室气体，到 2019 年底，全球大气中甲烷浓度已达到约 1875ppb，约为工业化水平前（1750 年）的 2.6 倍，对全球的温室气体辐射强迫增长贡献达到 17%。中国是世界上甲烷排放量最大的国家，印度、美国、巴西和俄罗斯位列全球甲烷排放的 2~5 位<sup>[1]</sup>。

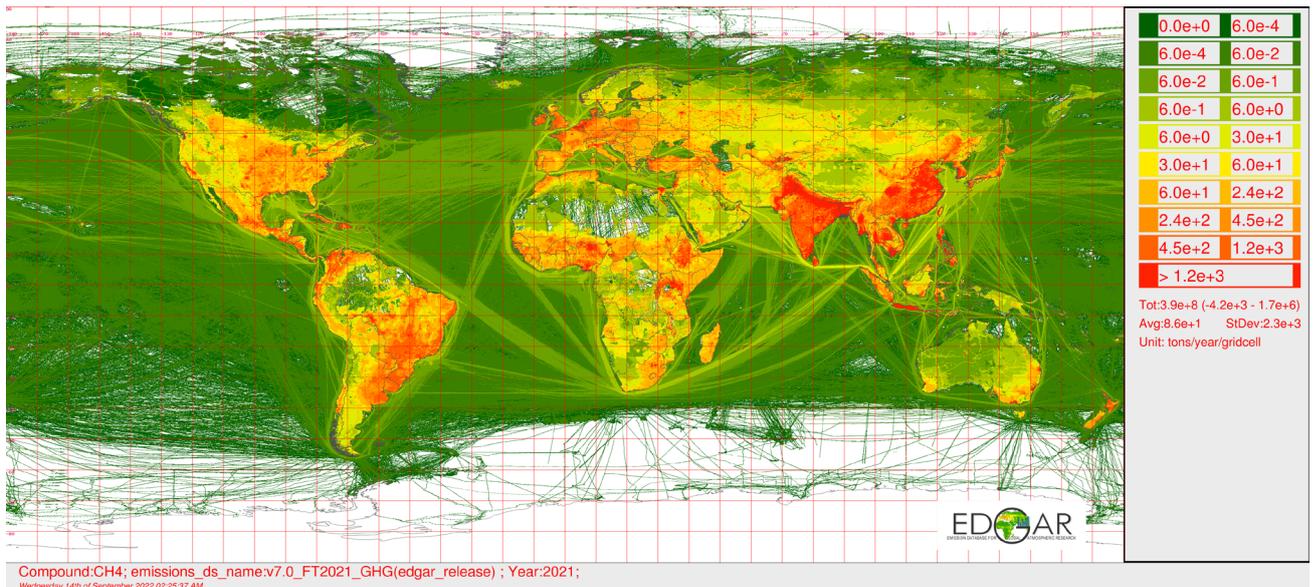


图 2-1：2021 年全球人为源甲烷排放密度

国际社会近年来对甲烷减排的关注程度明显增强，多国依据自身情况、需求及减排潜力开始采取不同形式的管理手段。加拿大、墨西哥均针对石油和天然气部门出台相关法规；欧盟委员会于 2020 年提出的《欧盟甲烷战略》重点覆盖了能源、农业和废弃物处理行业，强化了欧洲的甲烷减排力度；哈萨克斯坦、墨西哥等多个国家已将参与相关国际倡议行动或由国家层面设立推动甲烷减排研究支持类项目纳入甲烷排放管理工作；另外加拿大针对本国实际大力支持畜牧业甲烷排放科研工作，旨在促进科学精准减排。

美国在甲烷减排特别是在油气领域走在了世界前列，主要体现在：（1）构建了在《清洁生产法》框架下以州为主、联邦调控为辅的甲烷监管体系；（2）相继出台了包括《美国清洁能源安全法案》等在内的一系列法律法规；（3）颁布实施了油气生产及天然气运输储存过程的有毒空气污染物国家排放标准（NESHAPs）和第一个工业甲烷排放标准等排放标准；（4）制定发布了包括《甲烷减排气候行动战略规划》和《甲烷减排行动计划》等减排规划和针对具体排放源的农业之星（AgSTAR）计划、煤层甲烷推广计划（CMOP）、垃圾填埋场甲烷推广计划（LMOP）和天然气之星计划（Natural Gas STAR）等一系列行动计划，提出具体减排实施路径；（5）通过奖励创新及征收甲烷排放费等经济杠杆手段引导企业开展甲烷减排工作。

# 3

## 中国甲烷排放及管理 现状

甲烷是中国排放第二大温室气体，能源活动和农业活动是中国甲烷排放的重要部门。根据中国官方公布的最新清单结果<sup>[2]</sup>，2014年中国甲烷排放总量11.61亿吨二氧化碳当量，较2005年甲烷排放总量增加了1.15亿吨二氧化碳当量。其中能源活动和农业活动是中国甲烷排放的重要部门，两个部门的甲烷排放占比超过85%，是中国甲烷减排重点关注部门。废弃物处理的排放量总量较小，但近年来排放量持续增加，在甲烷排放中的比重逐步增强。

中国已全面开展甲烷排放核算工作，但数据基础薄弱，准确性和完整性还有待提升。中国官方提供的甲烷排放清单年份较少且缺乏连续性；另外，在完整性、一致性和准确性方面与美欧等发达国家和地区相比都存在不足。

中国已针对甲烷排放出台相关政策，但管理体系还不完善。中国逐步重视甲烷排放的控制工作，最初主要以提高资源回收利用和保障煤矿安全为目的，强化瓦斯抽采利用和煤层气资源开发，近期已经提升为应对气候变化层面，重视甲烷等非二氧化碳温室气体排放的控制。但由于甲烷排放涉及能源、农业、住建等多部门，管理主体多样、行业间管控措施差异大，因此政策和措施缺乏统筹，管理体系还不完善。

中国已初步建立甲烷管理能力支撑体系，但相关技术有待进一步突破。一方面中国虽已开展不同层面的甲烷排放监测，但监测的质量控制体系不健全，监测与检测技术能力有待提升。另外在甲烷减排领域的技术积累与工程实践经验不足，减排市场化手段较为缺乏。

# 4

## 能源开采甲烷减排措施 及管控路径

## 4.1 行业发展现状

能源开采领域甲烷排放主要包含煤炭开采以及油气开采两大行业。对于煤炭而言，中国是全球最大的煤炭生产国、消费国和进口国，2021年中国煤炭产量41.26亿吨，原煤产量占一次能源产量占比66.7%<sup>[3]</sup>，中国煤炭产量呈现先持续上升后平稳波动的趋势。中国煤炭开采以地下井工开采为主，煤矿地下开采过程中的甲烷排放是中国煤矿甲烷最主要的排放来源，而矿后活动产生的甲烷排放也成为中国煤矿甲烷排放的另一个重要来源。

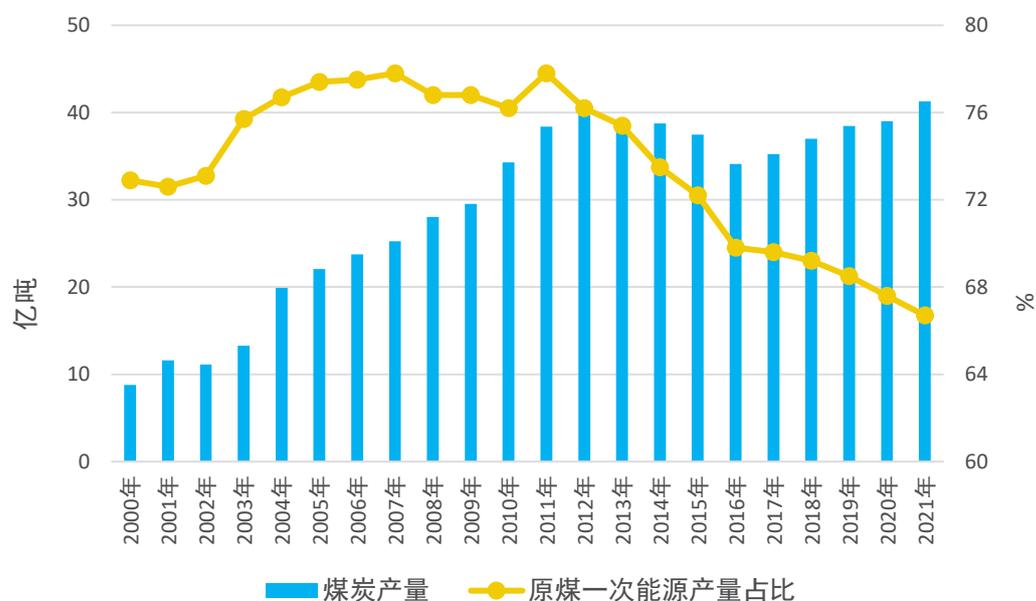


图 4-1：中国 2000-2021 年煤炭产量和其占一次能源产量比例

与世界主要发达国家“以油为主”的能源结构不同，中国石油消费占比与煤炭相比较低，2020年消费占比19.6%。从1993年开始，中国成为石油净进口国，原油年产量也逐年提高。2015年中国原油产量达到一个相对的峰值2.1亿吨，比2000年增长了31.9%，“十三五”以来略有下降，进入平台期，原油产量在1.6-1.8亿吨范围内波动。

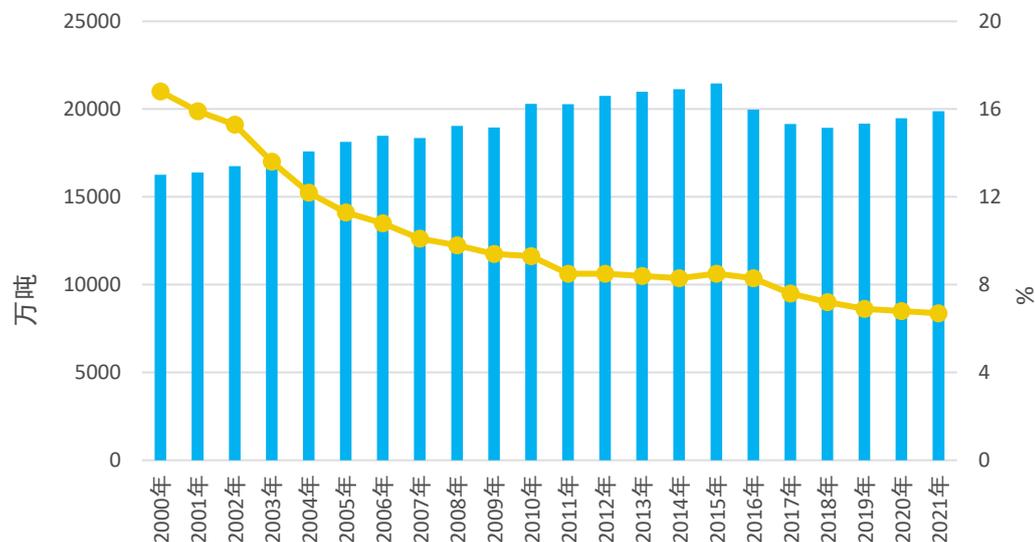


图 4-2：中国 2000-2021 年原油产量和其占一次能源产量比例

由于“富煤、贫油、少气”的能源资源禀赋，中国的天然气更多作为煤炭和石油的补充。2020 年，中国天然气开采量和消费量分别为 24480 万吨标煤和 41832 万吨标煤，占一次能源比重分别为 6.0% 和 8.4%，40% 以上的天然气为进口。21 世纪以来，中国天然气产量和一次能源占比呈持续升高趋势，2020 年中国天然气开采量 2075.82 亿立方米，是 2000 年产量的 7 倍，在一次能源产量的占比较 2000 年提高了 3.4 个百分点。

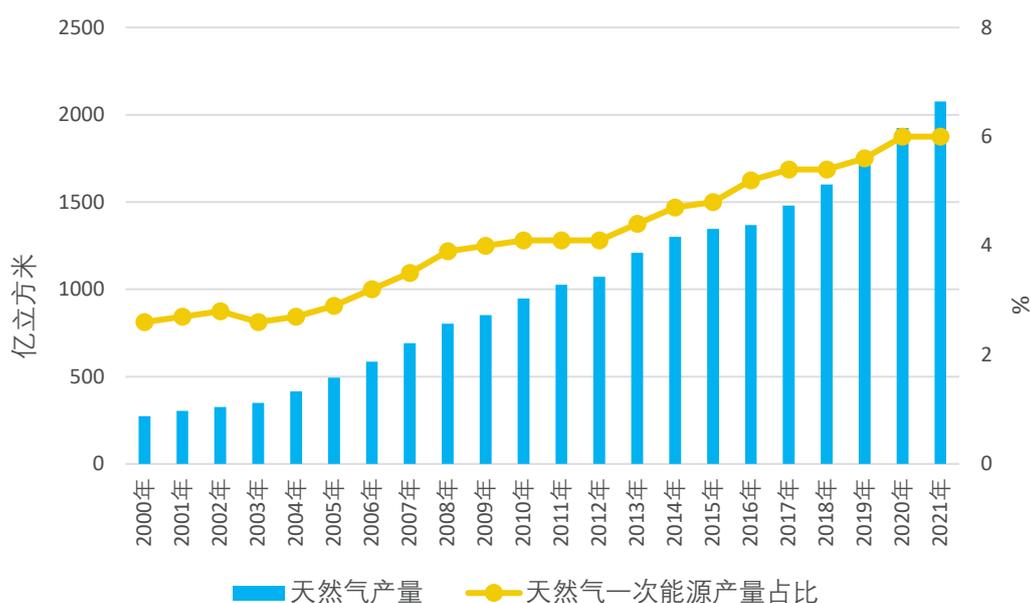


图 4-3：中国 2000-2021 年天然气产量和其占一次能源产量比例

## 4.2 能源开采甲烷管理措施现状

### 4.2.1 国际能源开采甲烷排放控制相关政策法规

从政策角度看，发达国家在能源开采领域出台了较为系统完善的甲烷管控政策。美国是最早出台法规开展煤炭甲烷排放管控的国家。早在2004年，美国修订的《清洁空气法》明确要求各州政府提交煤炭开采过程中甲烷排放情况及减排措施的经济性分析报告。近年来，美国又先后出台了《甲烷减排气候行动战略规划》（2014年）、《石油和天然气新能源标准》（2016年）、《甲烷减排行动计划》（2021年）、《基础设施投资和就业法案》（2021年）等政策、法规和标准，提出了甲烷减排目标。俄罗斯、印度和南非等煤炭主产国也相继制定了煤炭甲烷减排政策。针对油气开采领域美国、加拿大、墨西哥、澳大利亚等国均对包括甲烷在内温室气体减排提出相应目标或意见。

### 4.2.2 煤炭开采行业甲烷管控技术措施

煤炭行业甲烷减排技术包含两类关键技术。回收风排瓦斯、对煤层中甲烷进行预采取等是第一类技术，此类技术可以尽可能回收开采过程前后煤层释放的甲烷。废弃煤矿常用垂直井网回收彻底淹没之前巷道内的甲烷，而露天煤矿可在开采之前直接采取矿层内的甲烷。第二类技术是对回收的煤层气依据浓度进行分级利用。针对体积分数 $\geq 30\%$ 的高浓度瓦斯主要通过瓦斯发电、化工原料及提浓制压缩天然气/液化天然气（CNG/LNG）进行利用，6%–30%的低浓度瓦斯则采用瓦斯发电+余热利用方式，而0.75%–6%的特低浓度瓦斯则采用稀释+蓄热氧化+供热/发电以及贫燃催化燃烧燃气轮机发电；而对于甲烷浓度低的乏风瓦斯是煤层气利用的难点问题，目前的利用途径是提浓+蓄热氧化+供热/发电。

### 4.2.3 油气开采行业甲烷管控技术措施

由于油气系统造成的甲烷排放并不是沿着生产流程均匀分布的，因此目前常用的减排技术措施主要是针对完井、井底排液、气动设备、压缩机等几个“超级排放源”开展的。其中完井环节主要是采用“低排放完井技术”或“绿色完井技术”对甲烷进行回收利用，排液环节主要通过安装柱塞举升系统进行减排；操作流程主要使用闪蒸汽回收装备和大罐抽气技术等，另外泄漏检测与修复（LDAR）管理和火炬气回收技术也被广泛应用。



#### 4.2.4 能源开采领域甲烷排放管控问题与挑战

对于煤矿开采领域甲烷排放管控主要面临煤矿瓦斯甲烷浓度变化范围较大、低浓度瓦斯特别是乏风瓦斯占比较大、废弃煤矿瓦斯排放底数不清等问题。而对于油气开采领域则主要面临甲烷减排核算/报告/核查(MRV)体系有待优化、缺乏甲烷针对性排放标准、检测与控制技术应用示范进展缓慢等问题。

### 4.3 能源开采行业甲烷排放管控路径

---

**优化能源开采行业生产格局。**一方面加速煤炭产业西移，有序推进陕北基地、神东基地等低甲烷含量煤炭基地的建设，提高这些煤炭基地的生产规模占比，同时降低高甲烷煤炭基地生产规模。另一方面严格控制油气开采领域、油气炼制领域新增低端产能，合理控制产能总量。

**统筹建立能源开采行业甲烷排放管控政策体系。**开展现行煤炭和油气开采甲烷(瓦斯气)排放标准修订，完善排放控制要求，对煤矿瓦斯抽放系统、油气开采运储系统设置更为严格的浓度排放限值，并增加甲烷排放总量限值。建立健全能源开采行业甲烷统计监测数据报送体系，在现有基础上，完善核算及监测标准，细化监测对象、监测方法、监测设备技术参数，并尽快开展数据报送工作。完善能源开采行业甲烷回收利用财税、价格、金融和土地等配套政策，从而激励企业采取减排措施。

**加大能源开采行业甲烷管控技术研发和推广。**针对煤矿开采甲烷重点开展基于风排瓦斯低能耗经济氧化利用技术、分布式煤层气经济利用成套技术以及低浓度煤层气规模化提质利用工艺技术。针对油气开采行业则主要聚焦油气勘探与开采、石油炼制、油气储存装卸等关键排放环节开展相应减排技术研究。

# 5

## 农业生产甲烷减排措施 及管控路径

## 5.1 行业发展现状

中国农业生产甲烷排放主要涉及到水稻种植和畜禽养殖两个子行业。从行业发展角度来看，这两个行业均维持了快速良好的发展趋势。水稻种植业主要呈现出四大特征：一、从生产端看，无论是种植面积还是产量中国是世界上最大的水稻生产国，产量约占全球总量的 1/3；二、从消费端看，作为世界上人口最多国家，中国同样是全球最大的水稻消费市场，2021 年消费量达 2.2 亿吨，且主要来自于食物消费；三、水稻的自给率高，基本维持在 98% 左右，可以实现自给自足<sup>[4]</sup>；四、从发展趋势看，主要呈现种植规模化、品种优质化、产业数字化、消费多元化等趋势。

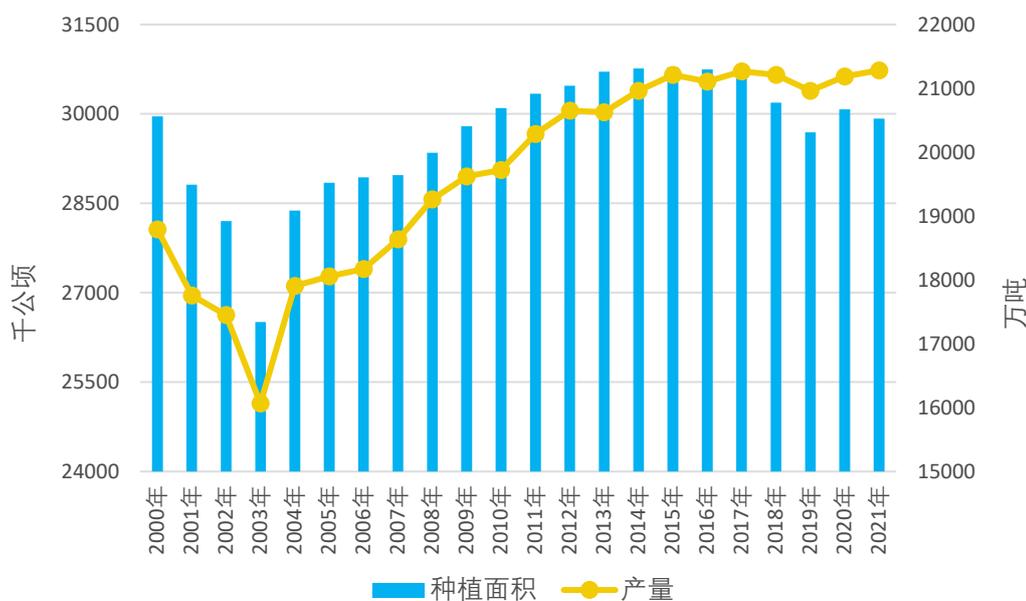


图 5-1：2000-2021 年中国水稻种植面积及产量变化

畜禽养殖业也呈现出以下三大特点：一、主要畜禽种类养殖量稳中有升，特别是牛饲养量经历了前期的下降后从 2019-2021 年实现了持续性反弹；二、畜禽养殖空间分布向西迁移，这一变化与当前中国畜禽养殖业逐步向经济欠发达且生态承载程度较轻区域转移，生产区域集中度进一步强化的发展趋势有紧密关系；三、牛肉及奶制品进口依存度不断增加，随着经济发展及人民生活水平的提高，对于牛肉及奶制品的需求持续增加，供给与需求差距增大，因此通过进口来进行弥补。

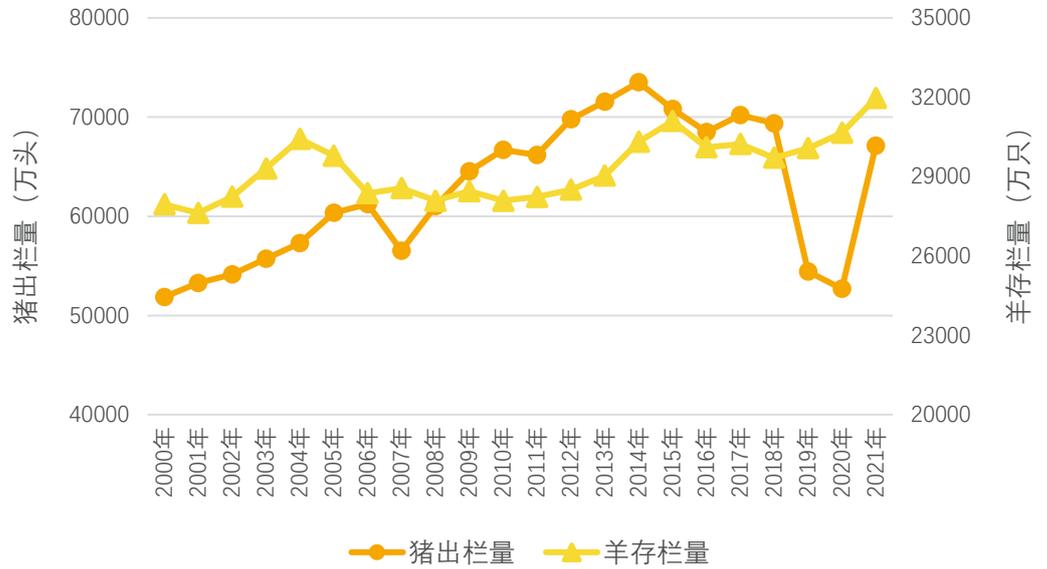


图 5-2：2000-2021 年中国猪及羊饲养量变化

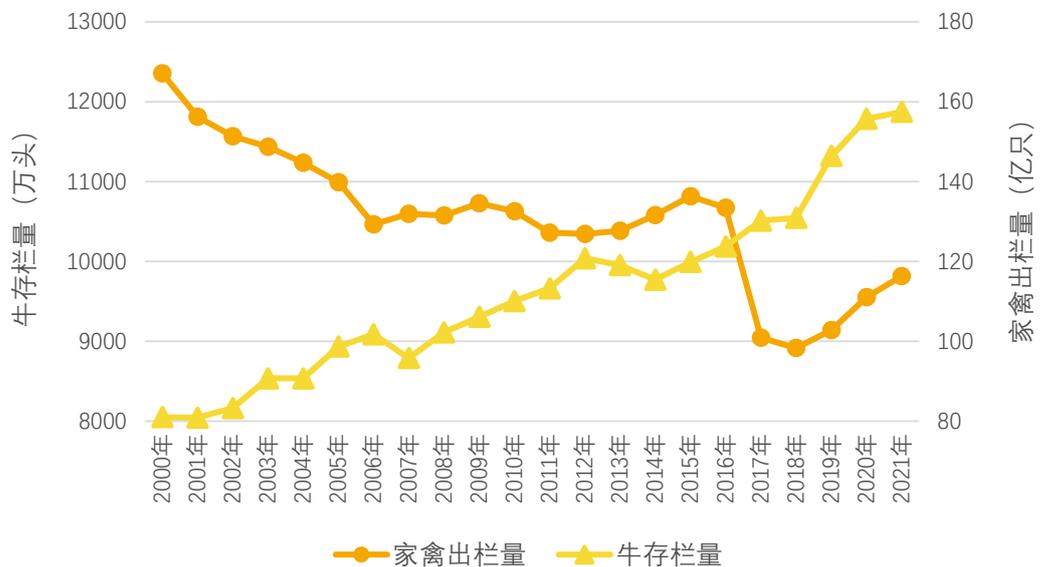


图 5-3：2000-2021 年中国牛及家禽饲养量变化

考虑到未来居民需求端对于肉类及奶制品的持续增加，在不采取减排措施前提下，预计中国农业源甲烷排放量特别是畜禽养殖端甲烷排放量仍将持续上升，因此需要在实际生产过程中大力推进甲烷减排力度，以完成“双碳”目标。

## 5.2 农业生产甲烷管理措施现状

### 5.2.1 国际农业生产甲烷排放控制政策法规

美国于 2021 年发布《甲烷减排行动计划》，提出促进关键技术的创新与应用，大幅减少经济活动的甲烷排放。其中针对农业部分措施主要包括加强对农业甲烷排放的监测和评估以及促进农业生产的可持续性，包括提高养殖业生产效率、改进农业管理实践、推广使用可再生能源等。此外美国环境署通过推进农业之星计划促进沼气回收系统的使用，以减少畜牧业废弃物的甲烷排放。澳大利亚政府颁布了《澳大利亚甲烷排放管理计划》，其中针对农业甲烷排放主要采用改变畜禽饲养方式、优化动物饲料、采用生物降解技术等方式进行控制。此外加拿大、欧盟等国家和地区也通过发布相应甲烷减排战略文件来对减少农业甲烷排放。

### 5.2.2 水稻种植甲烷管理措施

稻田甲烷排放主要受土壤性质、水分状态、施肥、水稻生长和气候环境等因素影响，因此目前稻田甲烷减排技术主要从水分灌溉管理，施肥、有机物料和秸秆管理以及品种、耕作、栽培管理等角度出发。主要包括选育高产低甲烷排放品种、稻田科学灌溉管理、合理施肥、秸秆科学还田、调整耕作方式和使用土壤改良剂产品。

### 5.2.3 畜禽养殖甲烷管理措施

畜禽养殖甲烷排放来源主要包括肠道发酵和粪便管理两大类。其中肠道发酵主要发生在反刍动物中，主要受动物品种、遗传因素、饲料组成等因素影响，因此目前针对反刍动物肠道发酵甲烷减排方法主要有 4 类：（1）直接抑制产甲烷菌的生长，如加入 2-溴乙烷磺酸钠、三氯甲烷、溴氯甲烷、3-硝基酯-1-丙醇等降低产甲烷菌的活性和数量；（2）添加与产甲烷菌竞争 H<sub>2</sub> 的抑制剂，如延胡索酸、苹果酸、硝酸盐、硫酸盐；（3）通过改善日粮类型、添加油脂等手段进行日粮调控；（4）改善牧场管理方式和对反刍动物进行选育。

动物废弃物厌氧储存和处理过程中均产生和排放甲烷。一般来讲液体粪便贮存的甲烷排放率大于固体粪便的甲烷排放率，高温环境大于低温环境的甲烷排放率。因此，减少粪便甲烷排放的主要措施是针对排放潜力大的粪便减少液体贮存过程，并通过厌氧发酵回收甲烷减少温室气体排放，主要包括建设沼气工程、改湿清粪为干清粪以及好氧堆肥等方式。

#### 5.2.4 农业生产领域甲烷排放管控问题与挑战

当前中国农业生产领域甲烷排放管控主要面临以下三大问题与挑战：一是如何协同实现减排增产，协调农业生产与生态环境效益，平衡食物供给安全与甲烷减排间矛盾，是农业甲烷减排面临的首要挑战；二是中国目前农业仍以小农户/家庭农户为主，集约化不足，因此相对复杂的减排技术在大范围推广上存在一定困难；三是中国尚未建立农业生态补偿机制或减排奖励机制，甲烷减排所带来的额外成本投入让农民难以理解和接受。

### 5.3 农业生产行业甲烷排放管控路径

**积极建立规范完整的政策支持体系。**针对农业生产者采取积极的农业甲烷减排技术措施给予技术税收优惠及资金奖补政策。推动农业甲烷减排纳入碳减排核算认证体系，并进入自愿减排市场进行碳交易。

**优化集成现有稻田甲烷减排技术。**对现有技术进行整合梳理，推广稻田浅薄湿润灌溉、节水灌溉技术，改长期淹灌为中期晒田或间歇性灌溉；在肥料管理上采取有机肥堆肥腐熟还田、秸秆好氧还田、旱季还田、过腹还田，控制有机物料在淹水条件下厌氧分解导致的甲烷排放增长；在品种选育方面选育推广高产、优质、节水抗旱水稻品种。

**改进畜禽饲养管理，减轻肠道发酵甲烷排放。**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；自然放牧体系中着重开展饲草生长阶段控制、牧场的休牧和饲草恢复；舍饲或混合系统则提高农作物秸秆和饲料的利用率。

**合理选择粪便管理模式，提升畜禽粪污利用水平。**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。对于农家散养或小规模的养殖户，应积极发展生态养殖，对于中等规模的畜禽养殖场或养殖小区采用就地“好氧堆肥工艺”生产有机肥或建设小规模“农场沼气池”；对于大型畜禽养殖场建议发展“高温好氧堆肥”模式、“反应器堆肥”模式或建设大中型“厌氧消化工程”生产生物沼气。

# 6

## 废弃物处理甲烷减排措施 及管控路径

## 6.1 行业发展现状

废弃物处理甲烷排放主要涉及垃圾处理和污水处理两个关联行业。对于垃圾处理而言随着经济水平的持续攀升和城镇化率的不断提高，近年来中国垃圾处理量呈现出快速增长的趋势。2021年中国生活垃圾清运量为24869.21万吨，同比增长5.77%，是2004年的1.60倍，无害化处置率从2004年的52.1%增长至2021年的99.9%。从处置结构来看，焚烧已逐渐成为最主要的方式，2021年占比已达到72.46%<sup>[5]</sup>。末端处置已由填埋转向资源化利用阶段。

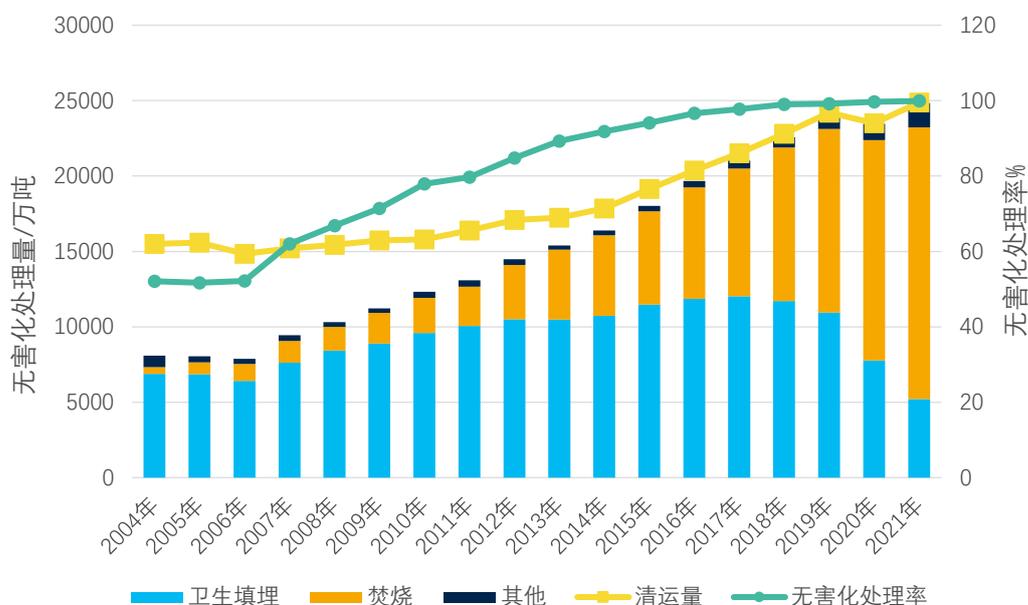


图 6-1：2004-2021 年中国生活垃圾处理量

对于污水处理行业而言，2021年中国污水处理厂（含城市、县城、建制镇）合计19872座，污水处理厂设计处理能力为28367万吨/日。全国共处理污水832.30亿吨，污水处理量排名前五的地区依次为广东、江苏、山东、浙江和河南，上述5个省份污水处理量为占全国污水处理量的39.6%。

## 6.2 废弃物处理甲烷管理措施现状

### 6.2.1 国际废弃物处理甲烷排放控制相关政策法规

从相关管控政策法规来看，美欧等发达国家及地区在废弃物温室气体排放控制起步较早。例如美国出台《填埋气甲烷推广利用方案》，鼓励回收和使用垃圾填埋气体作为能源，减少垃圾填埋场的温室气体排放。另外在《甲烷减排行动计划》中的废弃物处置部分将提到将全国填埋气“收集和火炬燃烧”比率提升至70%，较现有比率提升12%。加拿大不列颠省出台了《不列颠哥伦比亚省垃圾填埋场气体管理条例》，要求受管制的填埋场必须进行填埋气体评估。如果填埋场产生超过1000吨的甲烷，必须安装并运行垃圾填埋场气体收集和销毁系统。中国在废弃物处理甲烷管控方面起步较晚，但近年来《固体废物污染环境防治法》、《关于进一步推进生活垃圾分类工作的若干意见》等一系列法规文件的出台完善了相关领域顶层制度安排。

### 6.2.2 垃圾处理甲烷管理措施

从减量化的角度考虑，垃圾处理甲烷减排有两大方向。一是通过生物技术减少甲烷的产生或将产生的甲烷进行生物转化，二是通过加速填埋场稳定化缩短产期时间而实现减排的目的。主要减排技术包括①两相厌氧消化的“促产氢”和“减甲烷”技术；②甲烷氧化技术；③甲烷菌抑制技术；④准好氧填埋技术。

### 6.2.3 污水处理甲烷管理措施

在污水处理领域，针对甲烷减排的管理方法主要包括①污水处理源头控制；②雨水截留控制技术；③污水管网修复技术；④甲烷回收技术；⑤污水处理工艺优化技术；⑥污泥厌氧消化技术。上述技术较为成熟并已在芬兰Kakolanmäki污水处理厂、印度苏拉特市污水处理厂以及中国北京市通州区碧水污水处理厂、雄安新区容东片区再生水厂得以实践应用。

#### 6.2.4 废弃物处理领域甲烷排放管控问题与挑战

当前废弃物处理领域甲烷排放管控主要面临以下三大问题与挑战：一是城市生活垃圾处理能力与结构仍不平衡，特别是对于中西部一些基础设施不健全小城镇填埋依旧是其生活垃圾末端处置的重要模式；二是极端天气频发加剧了填埋设施甲烷等泄露风险；三是污水处理设施数量多，处理规模差距大、工艺复杂，地区分布不均衡。

### 6.3 废弃物处理行业甲烷排放管控路径

**做好填埋气收集利用。**对于已有填埋场地加强规范化管理，加快填埋场填埋气发电的应用。通过生活垃圾填埋场实施密闭工程，提高垃圾填埋气收集量和收集效率。提前在填埋过程中就完成气体收集井的布置，采用新型膜结合竖井、横井的组合方式，提高收集效率，同时能起到导排垃圾渗滤液的作用，增加堆体稳定性。

**提升污水处理厂污泥资源化利用水平。**鼓励城镇污水处理厂采用高负荷活性污泥工艺、化学强化一级处理工艺等碳捕捉技术，提高污泥碳捕捉量和能源产量。在实现污泥稳定化、无害化处置前提下，稳步推进资源化利用，土地资源紧缺的大中型城市推广采用“生物质利用+焚烧”、“干化+土地利用”等模式。鼓励采用污泥厌氧消化工艺，采用污泥厌氧消化工艺的污水处理厂必须配备沼气回收利用装置。探索将厌氧消化产甲烷用于反硝化深度脱氮过程碳源添加。鼓励开展市政污泥与餐厨垃圾、生活垃圾联合消化，提升沼气生产效率。

# 7

## 中国甲烷控排相关对策 建议

### （1）加快完善甲烷排放数据基础与监测、核算体系建设

探索符合中国情况的甲烷排放系数与核算方法体系，尽快核算煤炭开采、油气传输、农业、废物处理等行业排放清单，为中国甲烷控制与减排提供数据基础。同时修订煤炭、油气等行业甲烷排放核算标准，尽快出台农业、废弃物等行业核算标准，制定更为严格的煤层气（煤矿瓦斯）排放标准，最终建立一套完善的监测、统计、报告和核证体系。推动建立企业层级甲烷排放数据核算、报告、监测和核查机制，优先开展煤矿、油气田、养殖场、垃圾填埋场以及废水处理厂等大型排放源定期报告工作。另外，加强重点行业甲烷监测体系建设，在有条件的油气企业、煤炭开发企业开展在线监测试点。根据中国甲烷排放特征，在现有的生态环境监测体系下开展甲烷环境浓度监测，逐步建立地面监测、无人机和卫星遥感等空地一体化的甲烷监测体系。通过“自下而上”与“自上而下”监测方法相结合提高排放数据的完整性和准确性。加强数据共享机制构建，促进跨部门数据共享，加强甲烷排放数据采集、分析与利用信息集成工作。

### （2）增强与现行环境管理政策制度有效衔接

发挥现行环境影响评价、排污许可制度等生态环境管理制度在源头控制、过程管理中的基础性作用，并与甲烷减排有效衔接，推动实现生态环境保护工作与应对气候变化工作的统一谋划、统一布置、统一实施。推进环评法修改，将温室气体排放纳入环境影响评价，完善建设项目环境影响评价制度，探索将甲烷排放纳入建设项目环境影响评价，并提出排放强度或排放总量以及减排措施控制要求。完善排污许可制度，发挥排污许可制在碳排放管理中的载体与平台作用，协同考虑温室气体与污染物排放，完善排放许可管理行业范围及分类管理要求。

### （3）加强甲烷与污染物协同控制

利用现有生态环境法规标准政策制度，构建污染物减排与甲烷排放控制一体推进的治理体系实现甲烷与污染物减排一体推进。以油气开采行业为重点加强挥发性有机物（VOCs）与甲烷协同控制，重点实施放空天然气回收、单井拉油流程密闭化和罐车装卸改造、储罐闪蒸气回收、敞开液面密闭流程改造等减排工程，减少无组织排放，推动甲烷/VOCs 排放总量稳中有降。农业领域，推广畜禽养殖粪污固液分离、分质处理、深施还田治理工艺。废弃物领域则利用膜下抽气、移动式充气膜密闭作业系统技术等垃圾填埋场作业面控制技术实现恶臭污染物与甲烷协同控制，同时积极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应用以提高填埋气利用水平。鼓励农副食品加工、食品制造、酒类制造等行业与城镇污水处理厂协商水污染物纳管浓度，提高协议纳管比例，减少甲烷产生。

### （4）加快甲烷控制技术攻关与应用示范

充分考虑未来技术进步及产业迭代升级因素，提出甲烷减排最佳适用技术目录，推广新技术的试点示范和商业化应用。围绕煤炭、油气、农业、废弃物处理等重点领域，开展煤炭低纯度瓦斯高效提纯、超低浓度乏风瓦斯利用；油气开采中甲烷原位化工利用



和低压低气量甲烷回收利用技术研发，推广应用 LDAR 技术，逐步推动全产业链 LDAR 常态化应用；突破农业领域高产低排育种技术以及垃圾处理厂填埋气收集利用以及沼气热电联用、污泥厌氧消化沼气发电等废弃物甲烷减排技术。生态环境部门联合科技部门、煤炭油气开采企业、农业部门及废弃物处理企业等利益相关方开展科学研究，加强多部门间交流与合作，提供各领域甲烷减排最佳适用技术目录。在技术条件适宜区域推动实施一批诸如煤矿蓄热高温氧化热电联供示范工程、全产业链油气放空气回收示范工程、反刍动物减排工程、低排放水稻种植示范工程、垃圾填埋场填沼气发电及余热利用等一批试点示范工程，并提高示范应用工程的落地实效性评估管理。探索减少甲烷逸散排放的综合技术方案，实现减少温室气体排放，能源资源化利用和污染物协同控制等多重效应。

#### **（5）增强金融支持手段促进甲烷减排**

积极推进温室气体自愿减排交易机制改革，推动将甲烷减排纳入全国碳排放权交易市场抵销机制，明确重点排放单位可使用包括甲烷减排项目产生的国家核证自愿减排量抵销配额清缴，为甲烷减排提供更多资金支持，调动企业开展甲烷减排的积极性。开展将甲烷纳入环境保护税研究，充分考虑与自愿减排交易机制相协调，对实施甲烷减排交易的企业可以给与一定的减税优惠政策。修订煤层气（煤矿瓦斯）财政补贴等现行激励政策，实行差异化补贴政策，对标准覆盖范围外的低浓度瓦斯及乏风瓦斯回收利用，加大补贴力度。同时探索研究反刍动物及水稻主产区甲烷减排奖补政策。完善支持社会资本参与政策，探索开展排放权抵押贷款、排放配额交易抵押贷款等绿色信贷业务，鼓励甲烷排放控制工程项目开展气候投融资，支持符合条件的企业上市融资和再融资开展甲烷减排项目建设运营。

#### **（6）强化各部门间协调机制建立**

按照“全国一盘棋”的原则加强工作统筹协调，建立由生态环境部门牵头，能源、农业农村、住建、科技等部门共同参与的部际协调工作机制。开展关于甲烷减排的跨领域的综合性研究，对甲烷减排技术、减排措施等作出系统分析。充分发挥能源和农业大省以及大型油气企业作用，开展部省企合作，推动实施不同领域甲烷减排试点，支持和鼓励试点地区和试点企业积极创新减排路径。

#### **（7）实施重点区域甲烷减排控制**

各地区应针对本区域内甲烷排放实际情况，在摸清底数的基础上根据排放来源、排放方式以及本地区经济社会发展阶段和资源环境禀赋制定差异化甲烷排放控制行动方案并积极开展甲烷资源化利用和源头控制综合性试点探索和创新性实践。对于能源生产地区重点开展甲烷资源化利用和全产业链甲烷排放控制工作，推广安全高效经济可行的低浓度煤矿瓦斯和风排瓦斯蓄热氧化、催化氧化、直接燃烧等先进技术推动能源生产甲烷排放强度显著降低。对于畜牧业和水稻主产区应在确保国家食品安全供应的前提下重点开展提高饲料质量、改进畜禽饲养管理、实施精准饲喂、推进畜禽粪污资源化利用、推广稻田种植技术改良等一系列手段措施，实现水稻、畜产品甲烷排放强度显著下降。

### （8）开展甲烷排放控制国际合作

积极做好甲烷控排领域国际交流和务实合作，参与和开展全球能源、农产品、废弃物等领域甲烷排放控制相关交流、合作与磋商，加强中美、中欧等双边及多边甲烷排放、监测、报告、核查体系建设和完善交流对话，开展能源、农产品贸易等领域甲烷相关贸易规则对话交流与合作，深度参与全球甲烷排放监测、报告和核查相关国际规则和标准制定工作，以提升中国甲烷减排技术、管理水平和能力。借助《联合国气候变化框架公约》缔约方大会、中欧环境与气候高层对话机制、中国—东盟环境合作论坛、气候变化南南合作、“一带一路”绿色发展国际联盟等一系列平台和机制推进甲烷排放控制双多边政策对话、技术交流和务实合作深入开展。鼓励和推动更多组织机构开展甲烷控排和利用相关技术研发应用、项目合作、联合研究、人员交流等国际合作，交流甲烷排放解决方案的中国经验。

---

## 参考文献

---

- [1] Global Greenhouse Gas Emissions - EDGAR v7.0[EB/OL] <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/gallery?release=v70ghg&substance=CH4&sector=TOTALS>
- [2] 中华人民共和国生态环境部. 中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告 [R].2018.
- [3] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 2022[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [4] 魏红梅, 黄冬祎. 我国水稻供需宽松趋势有望延续 [R]. 东莞证券. 2022.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴 2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.

## 联系我们

地址：中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706

邮编：100026

电话：+86 (10) 5927-0688

传真：+86 (10) 5927-0699

 再生纸印刷