

中国非二氧化碳温室气体减排综述报告

挑战与机遇

随着我国2030年前碳达峰、2060年前碳中和目标的提出，控制二氧化碳排放的目标和路径已经逐渐清晰，推动非二氧化碳温室气体排放（主要包括甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）等六类气体，以下简称非二温室气体）将进一步助力中国更快控制温室气体排放以及巴黎协定下全球2度温控目标的实现。

近期的科学评估显示，采取快速行动来减少非二温室气体排放在未来的25年内可以显著降低温升速度和程度(Dreyfus et al., 2022; Xu & Ramanathan, 2017)。目前包括欧盟和美国在内的很多国家和地区已经开始对非二温室气体排放进行控制，例如欧盟和美国一起发起的“全球甲烷减排倡议”提出的到2030年将甲烷排放量在2020年水平上至少减少30%，欧盟2021年发布的甲烷减排战略和之前已经实施多年的含氟气体减排法案，以及美国在2014年发布的甲烷减排战略等，因此对包括非二温室气体在内所有温室气体进行控制已成为全球应对气候变化的趋势。

现有行动综述

1. 非二氧化碳温室气体减排战略和措施

非二温室气体种类	非二温室气体主要排放源	2021 国家自主贡献	国内实施	
			现有减少非二温室气体排放措施	现有政策支持
非二总体排放		研究实施非二氧化碳温室气体控排行动方案，继续完善非二氧化碳温室气体监测、报告和评估技术体系，逐步建立健全非	加强甲烷等非二氧化碳温室气体管控。	《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》

	非二温室气体种类	非二温室气体主要排放源	2021 国家自主贡献	国内实施	
				现有减少非二温室气体排放措施	现有政策支持
			二氧化碳温室气体排放统计核算体系、政策体系和管理体系。		
能源供应	CH ₄	煤矿开采	重点通过合理控制煤炭产能、提高瓦斯抽采利用率等，以及控制石化行业挥发性有机物排放量、鼓励采用绿色完井、推广伴生气回收技术等举措，有效控制煤炭、油气开采甲烷排放。	“十四五”时期严控煤炭消费增长。	《煤层气（煤矿瓦斯）开发利用“十三五”规划》、《能源发展“十三五”规划》、《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》、《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》、《2030年前碳达峰行动方案》
		油气系统		石油消费“十五五”时期进入峰值平台期。	
工业	N ₂ O	硝酸和己二酸	研究制定重点行业氧化亚氮减排方案	改进化肥、己二酸、硝酸和己内酰胺等的生产工艺，减少工业生产过程中氧化亚氮的排放。	《工业绿色发展规划（2016-2020）》、《绿色制造工程实施指南（2016-2020）》
	PFCs	电解铝			
	SF ₆	电力工业	推广低增温潜势电力设施		

	非二温室气体种类	非二温室气体主要排放源	2021 国家自主贡献	国内实施	
				现有减少非二温室气体排放措施	现有政策支持
建筑	HFCs	房间制冷	中国交存接受《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》的接受书。	<p>实施“节能补贴”、“以旧换绿”等措施，采用补贴、奖励等方式，支持居民购买绿色高效制冷产品。</p> <p>到2030年，主要制冷产品整体能效提升30%。</p> <p>《基加利修正案》正式生效。</p>	《基加利修正案》、《使用可燃性制冷剂生产家用和类似用途房间空调器安全技术规范》、《使用可燃性制冷剂房间空调器产品运输的特殊要求》、《废弃电器电子产品处理要求第2部分：含制冷剂的电器》
交通	HFCs	汽车空调冷链运输		实施冷链物流绿色改造工程，在农产品、食品、医药等领域支持冷链物流龙头企业集中更换绿色高效冰箱、冷藏陈列柜、商用冷柜、冷藏车、冷库等制冷设备和设施。	《基加利修正案》、《绿色高效制冷行动方案》、《关于加快发展冷链物流保障食品安全促进消费升级的意见》
农业	CH ₄ / N ₂ O	畜禽粪便	加大力度推进化肥农药减量增效，改进畜禽粪污处理和利用方式，减少畜禽养殖温室气体。	到2025年，畜禽粪污综合利用率为80%。	《全国农业可持续发展规划（2015-2030）》、《“十四五”全国农业绿色发展规划》、《数字农业农村发展规划（2019-2025）》、《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》、
	CH ₄	水稻种植		优化稻田水分灌溉管理，降低稻田甲烷排放。推广优良品种和绿色高效栽培技术。	

	非二温室气体种类	非二温室气体主要排放源	2021 国家自主贡献	国内实施	
				现有减少非二温室气体排放措施	现有政策支持
		肠道发酵		推广精准饲喂技术，推进品种改良，提高畜禽单产水平和饲料报酬，降低反刍动物肠道甲烷排放强度。	《2030年前碳达峰行动方案》、《农业农村减排固碳实施方案》
	N ₂ O	氮肥使用		测土配方，推进化肥农药减量增效和有机肥替代。提高氮肥利用效率，降低氧化亚氮排放。	
废弃物	CH ₄	生活垃圾	加快发展循环经济	到2025年，城市生活垃圾分类体系基本健全，生活垃圾资源化利用比例提升至60%左右。到2030年，城市生活垃圾分类实现全覆盖，生活垃圾资源化利用比例提升至65%。 实行有利于防止食品浪费的税收政策。	《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》、《中华人民共和国反食品浪费法》、《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》
	N ₂ O	污水处理		加强城镇污泥无害化处置与资源化利用。	

2. 甲烷减排政策行动

政策清单：

分领域排放源		现有减排政策措施	需要加强的减排措施
能源供应	煤矿开采	<ul style="list-style-type: none"> • 煤层气瓦斯利用目标 • 严控煤炭消费增长措施 • 煤层气开采利用补贴 	<ul style="list-style-type: none"> • 针对超低浓度煤矿瓦斯逸散的控制
	油气系统	<ul style="list-style-type: none"> • 石油消费“十五五”时期进入峰值平台期。 	
农业活动	肠道发酵	<ul style="list-style-type: none"> • 推广精准饲喂技术，推进品种改良，提高畜禽单产水平和饲料报酬，降低反刍动物肠道甲烷排放强度。 	<ul style="list-style-type: none"> • 对现有减排行动设定量化目标
	水稻种植	<ul style="list-style-type: none"> • 优化稻田水分灌溉管理，降低稻田甲烷排放。推广优良品种和绿色高效栽培技术。 	<ul style="list-style-type: none"> • 水稻种植减排的试点示范
	畜禽粪便	<ul style="list-style-type: none"> • 畜禽粪污综合利用目标 • 畜禽粪污处理和资源化利用基础设施建设补贴 • 中央财政畜禽粪污资源化利用试点 	
废弃物	生活垃圾	<ul style="list-style-type: none"> • 生活垃圾分类试点 • 生活垃圾回收利用率目标 • 反食物浪费法 	<ul style="list-style-type: none"> • 生活垃圾分类后端的厨余垃圾资源化利用
	污水处理	<ul style="list-style-type: none"> • 城镇污泥无害化处置与资源化利用目标 	

3. 氧化亚氮减排政策行动

分领域排放源		现有减排政策措施	需要加强的减排措施
农业活动	氮肥使用	<ul style="list-style-type: none"> 测土配方，以及推进化肥减量增效和有机肥替代 构建果菜茶有机肥替代化肥长效机制 	<ul style="list-style-type: none"> 对现有减排行动设定量化目标
	畜禽粪便	<ul style="list-style-type: none"> 畜禽粪污的资源化利用目标 畜禽粪污资源化利用提供财政补贴 	
化学工业	硝酸和己二酸	<ul style="list-style-type: none"> 改进化肥、己二酸、硝酸和己内酰胺等的生产工艺 	<ul style="list-style-type: none"> 对减排技术推广的经济激励
废弃物	污水处理	<ul style="list-style-type: none"> 城镇污泥无害化处置与资源化利用目标 	

4. 含氟温室气体 (F-gases) 减排政策行动

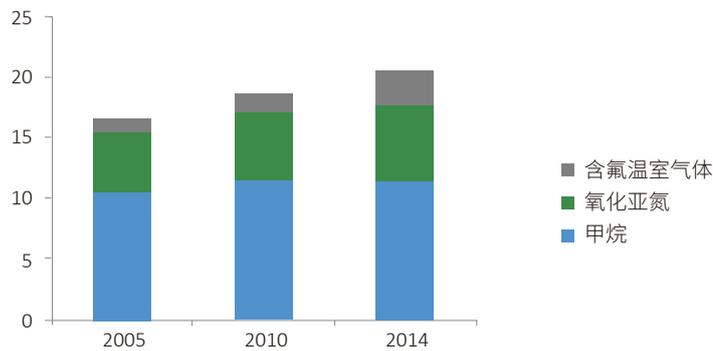
分领域排放源			现有减排政策措施	需要加强的减排措施
建筑	HFCs	房间制冷	<ul style="list-style-type: none"> 基于《基加利修订案》减少HFCs生产和消费 	<ul style="list-style-type: none"> 对低GWP值制冷剂替代提供政策支持
交通	HFCs	汽车空调	<ul style="list-style-type: none"> 电器电子产品生产者责任延伸试点 制定针对低GWP值制冷剂使用规范 	
电解铝	PFCs	电解铝		
电力工业	SF ₆	电力工业	<ul style="list-style-type: none"> 推广低增温潜势电力设施 	

现状和趋势

1. 现有研究

来自中国国家信息通报的数据显示，中国非二温室气体排放在2005到2014年呈上升趋势。2018年中国提交的《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》显示，2014年中国非二温室气体排放已经超过20亿吨二氧化碳当量(CO₂e)，占当年温室气体排放总量的18%，其中甲烷、氧化亚氮和含氟温室气体分别占10.4%、5.4%和2.6%。

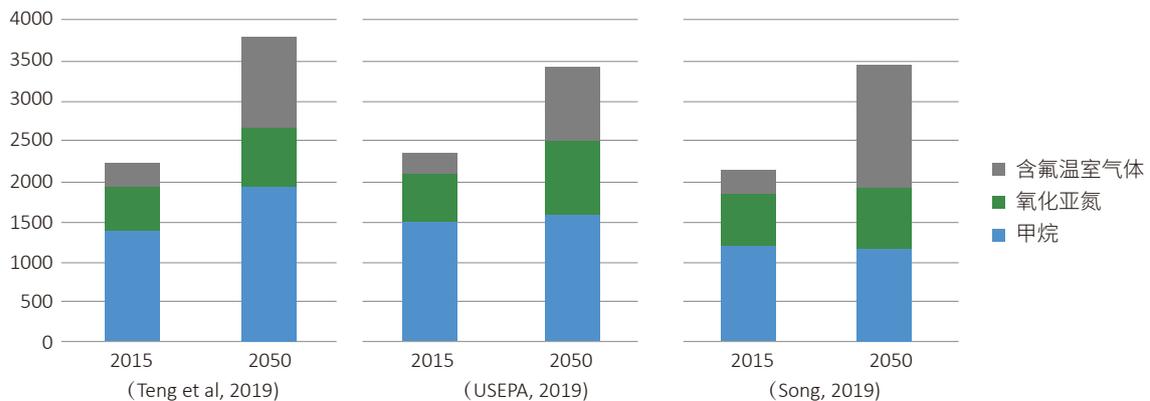
图 1: 中国非二温室气体排放历史趋势 (亿吨CO₂e)



数据来源：中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告. (2018)，中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报. (2019)。其中2005年数据来自后者对2005年国家清单的回算。

此外，不同研究也对中国非二温室气体排放趋势进行了估算(R. Song, 2019; Teng et al., 2019b; USEPA, 2019)。如图2所示，中国非二温室气体从2015年到2050年将持续上升，预计到2050年将达到34-37亿吨CO₂e左右，比2015年增加了将近一半左右。其中，占比较大的依然是甲烷，而增速最快的则是含氟温室气体排放。

图 2: 不同研究下中国非二温室气体排放趋势 (百万吨CO₂e)



注：三份研究中含氟温室气体覆盖的范围存有差异且GWP取值参考不同。对于GWP取值，这里选用了(Teng et al., 2019a)使用AR4的估算，(EPA, 2019)采用AR4估算，(WRI, 2019) GWP取值主要基于SAR。

2. 潜力分析

iGDP基于EPS模型，通过情景分析估算了非二温室气体排放趋势和减排潜力。如图3所示，在参考情景（Reference scenario）下（基于中国实施其在2020年已经宣布的政策目标），中国非二温室气体将持续上升，从2019年的26.3亿吨CO₂e增加到2050年的33.4亿吨CO₂e。在强化政策情景下(New policy scenario)（加强和延续十四五政策），中国非二温室气体将在2029年左右达峰，峰值为28.85亿吨CO₂e。在深度减排情景下(Best policy scenario)（基于国内外实践下所有可以减排的行动），中国非二温室气体可以在2022年左右达峰，但是到2050左右仍有约15.6亿吨CO₂e的排放，其中甲烷、氧化亚氮和含氟温室气体排放分别为7.3，3.3和5亿吨CO₂e。

	强化政策情景 2050 vs. 2019	深度减排情景 2050 vs. 2019
甲烷	排放下降36%	排放下降55%
氧化亚氮	排放在2030左右达峰，到2050年排放比2019年下降22%	排放在2022年左右达峰，到2050年排放比2019年下降36%
含氟温室气体	排放在2035年左右达峰，到2050年排放比2019年上升32%	排放在2030左右达峰，到2050年排放比2019年下降19%

图 3: 不同减排情景下非二温室气体排放(百万吨CO₂e)

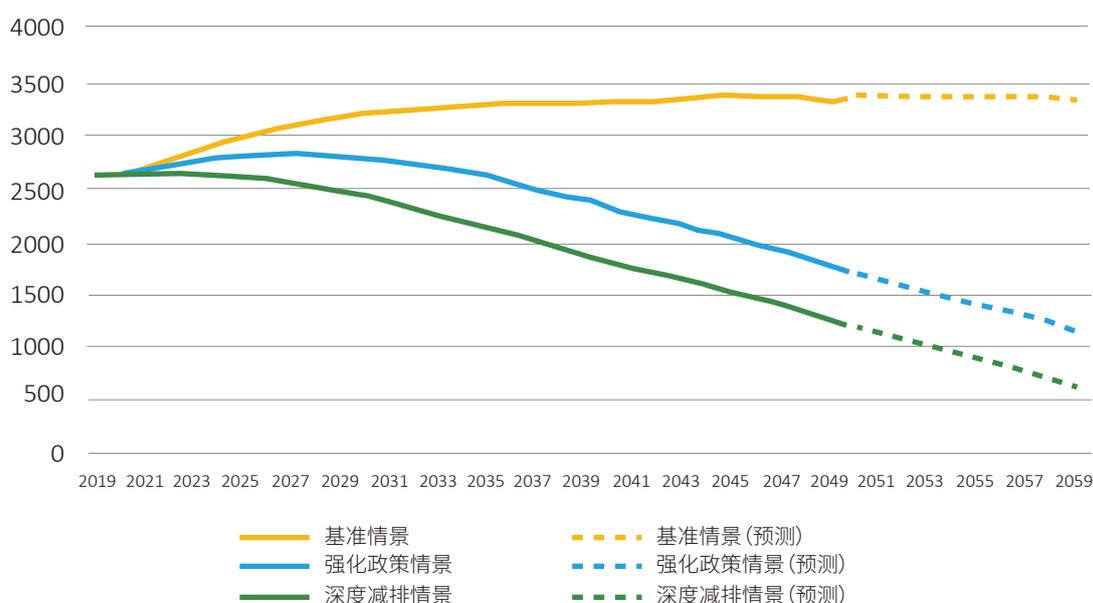


图 4: 深度减排情景下分气体非二温室气体排放 (百万吨CO₂e)

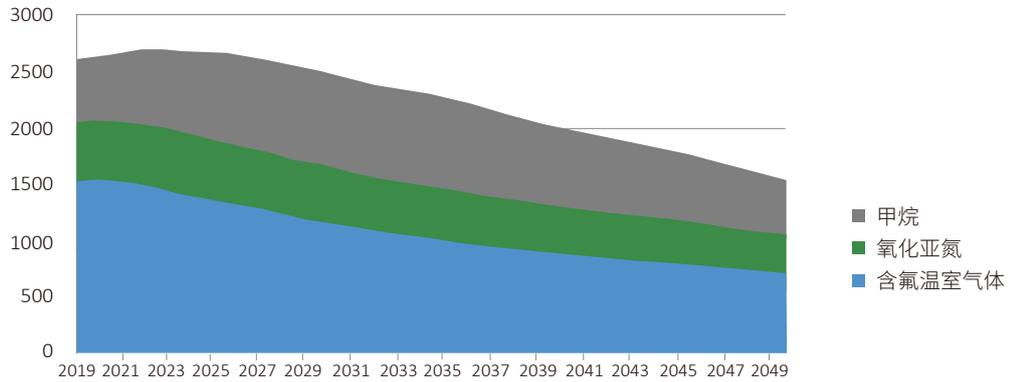
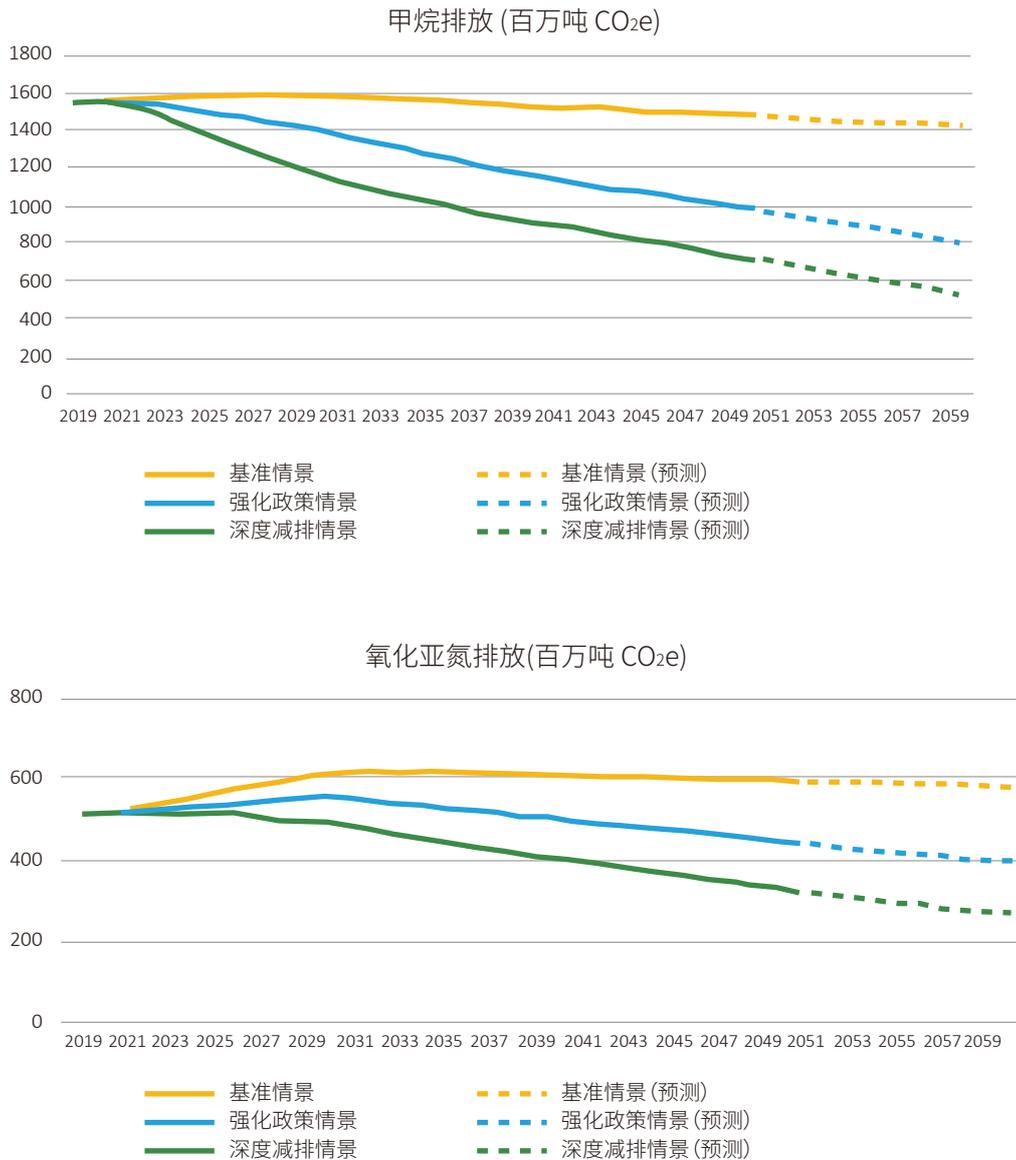
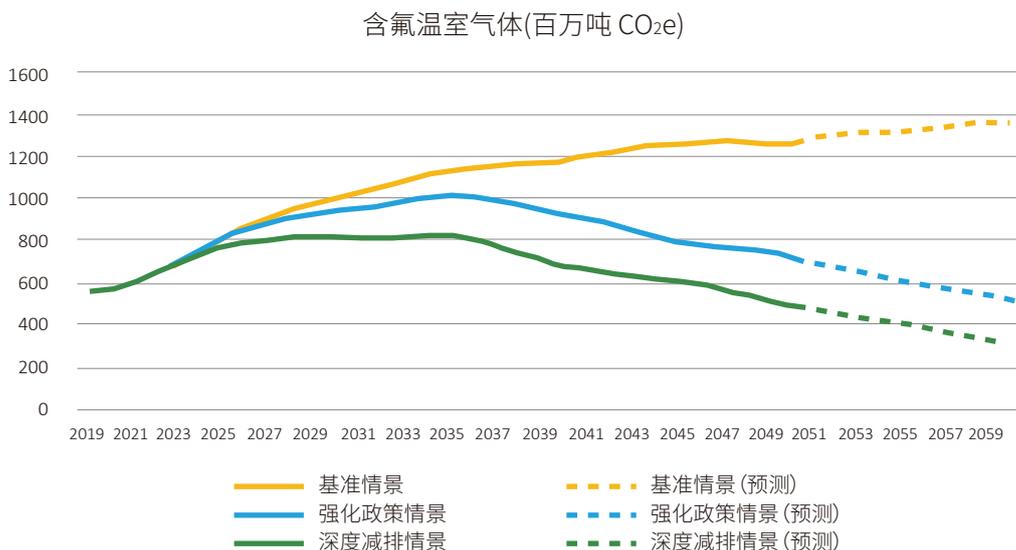


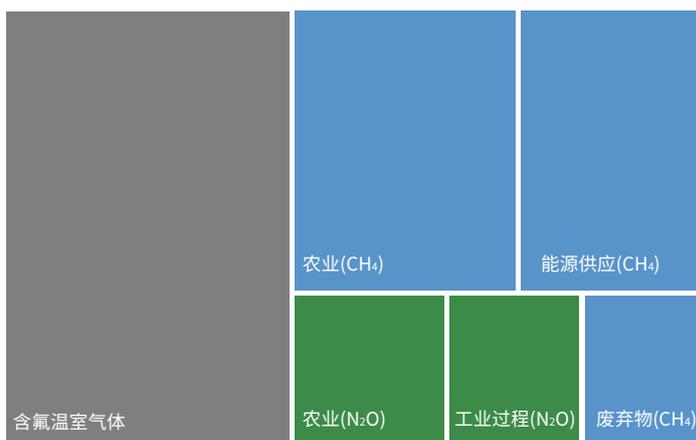
图 5: 不同情景下非二温室气体排放 (百万吨CO₂e)





3. 主要减排行动 (基于深度减排情景)

图 6: 深度减排情景下2050年分行业减排潜力一览



	主要减排行动	减排潜力 (2050)
甲烷(CH ₄)	能源: 减少煤炭消费, 加强煤矿瓦斯回收利用, 提高对低浓度煤矿瓦斯回收利用力度。	17%
	农业: 畜禽粪污产沼, 改善水稻灌溉方式, 推广高产低排放水稻品种, 改良饲料添加剂, 调整居民膳食结构	21%
	废弃物: 提高垃圾分类和餐厨垃圾资源化利用	6%

	主要减排行动	减排潜力 (2050)
氧化亚氮 (N ₂ O)	农业：减少氮肥使用，采用缓释肥和有机肥，畜禽粪污管理	8%
	工业：在工业部门采用催化分解技术减少硝酸和己二酸生产过程排放。	7%
含氟温室气体	低GWP值制冷剂在房间空调、冷链物流中的推广使用	41%

政策建议

尽管中国尚未发布控制非二温室气体排放的总体规划和目标，但是不同部门下已经制定并实施了针对不同非二温室气体的减排措施，其中既有直接作用于非二温室气体排放控制，也有出于以能源安全保障和环境污染防治为导向而对非二温室气体减排带来间接影响的政策措施。基于现有的政策基础，对标国际国内的减排实践，采取更有力的非二温室气体减排行动可以带来更大的减排潜力。具体的强化行动可以包括以下几种方式：

1. 制定国家总体战略

非二温室气体排放覆盖从能源供应、交通、农业和废弃物等多个部门，但是现在针对非二温室气体排放的政策措施零散分布在不同部门，国家层面并没有提出整体的非二减排方案和目标。中国在2021年提交的NDC更新中提出研究实施非二氧化碳温室气体控排行动方案，同时，目前中国在不同部门下实施的多项减排措施也将为制定非二国家总体战略提供政策支持。

2. 制定甲烷、氧化亚氮及含氟气体减量减排目标和行动

- **甲烷：**甲烷即是占比最高，同时也是排放源最多的非二温室气体，覆盖从能源供应、交通、农业和废弃物等多个部门。制定甲烷排放总量目标，并且加强国家层面甲烷排放数据的收集和清单编制，既可以为分行业的甲烷减排提供政策和数据支持。与此同时，考虑到地方性差异性，建议制定甲烷地方行动方案。方案的目标首先要摸清家底，衡量现有循环经济、能源转型、绿色农业等战略可以带来的甲烷减排潜力。
- **氧化亚氮：**氧化亚氮是仅次于甲烷的非二温室气体排放，以氮肥施用和硝酸和己二酸工业排放最为突出。随着化肥零增长政策的推行，氮肥施用量有望下降。建议在工业领域制定针对硝酸和己二酸的减排目标与行动。

- **含氟温室气体：**按照2016年《基加利修正案》的要求，中国有义务从2024年开始将HFCs的生产和消费冻结在基线水平，并且逐步开始削减HFCs的生产和消费，这基本锁定了中国含氟温室气体的排放路径。建议中国在工业、建筑和交通下的HFCs排放的政策目标将以此作为基础，制定可以支持目标实现的具体减排行动方案，例如对HFCs的总量控制以及对高GWP值制冷剂使用的限制。

参考文献

Dreyfus, G. B., Xu, Y., Shindell, D. T., Zaelke, D., & Ramanathan, V. (2022). Mitigating climate disruption in time: A self-consistent approach for avoiding both near-term and long-term global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(22), e2123536119.

Song, R. (2019). *Opportunities to Advance Mitigation Ambition in China: Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions*. World Resources Institute.

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.

Teng, F., Su, X., & Wang, X. (2019b). Can China Peak Its Non-CO₂ GHG Emissions before 2030 by Implementing Its Nationally Determined Contribution? *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12168–12176.

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

Xu, Y., & Ramanathan, V. (2017). Well below 2 C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(39), 10315–10323.

作者

撰稿：胡敏，陈美安，奚溪

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：igdpooffice@igdp.cn

网站：www.igdp.cn