

欧盟甲烷减排战略对我国碳中和的启示

董文娟¹, 孙铄², 李天泉², 杨秀¹, 李政^{*1,2}

(1.清华大学气候变化与可持续发展研究院,北京 100084;2.清华大学能源与动力工程系,北京 100084)

【摘要】欧盟于2020年10月出台了《欧盟甲烷减排战略》,以支撑其中长期温室气体减排目标。该战略共提出了五个领域的24个行动方案。欧盟将油气行业作为重点,设置了两个强制性的政策来完善能源部门的温室气体监测、报告和核查制度,并禁止天然气放空和燃烧。农业领域以加强全生命周期甲烷排放核算、减排技术等方面研究,编制最佳减排实践和技术清单为主要措施。在废弃物管理领域,欧盟将主要修订废弃物管理方面的立法和废水处理标准并加强监管。全球层面,欧盟提出希望联合包括中国在内的主要油气进口国家,推动建立全球性的监测、报告和核查标准,分享其甲烷超级排放源探测的卫星数据等措施。我国提出2060碳中和愿景后,下一阶段温室气体减排将会从能源相关二氧化碳减排为主扩展到全部温室气体减排。建议我国和欧盟在甲烷减排方面开展广泛合作,借鉴欧盟的经验,尽快制定我国甲烷减排近期、中期、远期目标和行动计划,推广甲烷减排技术,加强科学研究和技术研发,探索在国家碳市场交易体系中纳入甲烷等非二氧化碳气体的时机和方案,鼓励大型能源企业加入国际甲烷减排倡议以提高能力,逐步完善我国甲烷减排相关政策和制度环境,打造我国在低碳领域的经济和技术竞争力。

【关键词】欧盟甲烷减排战略;碳中和;能源;农业;废弃物处理

中图分类号:X24

文献标识码:A

文章编号:1673-288X(2021)02-0037-07

DOI:10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202102037

2020年10月14号,欧盟委员会出台了《欧盟甲烷减排战略》(以下简称《战略》),提出在欧盟和世界范围内应对全球第二大温室气体甲烷,并拟定欧盟减排步骤。同时,该战略还提出,要与中国等主要化石燃料使用国家就甲烷减排进行接触并展开合作。2020年9月,习近平总书记在第75届联合国大会一般性辩论上提出了“努力争取2060年前实现碳中和”的宏伟目标。根据《巴黎协定》第四条的表述,为实现“将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2℃以内,并努力将温度上升幅度控制在1.5℃以内”的长期气温控制目标,全球要“在本世纪下半叶实现温室气体源的人为排放与汇的清除之间的平衡”。碳中和可以理解为实现全部温室气体的零排放,或全部温室气体排放被吸收和抵消。

按照政府间气候变化专门委员会(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)的评估报告,人类活动已导致全球气温比工业化前水平

升高了约1.0℃,在2030年至2052年之间温升可能达到1.5℃。在1.5℃路径下,全球人为二氧化碳排放需要在2050年左右实现净零排放;在2℃路径下,全球人为二氧化碳排放需要在2070年左右达到净零排放。另外,在1.5℃路径下,到2050年还需要实现非二氧化碳温室气体的大幅减排,例如需要将全球甲烷和黑炭的排放减少35%以上(与2010年相比)^[1]。长期以来,我国温室气体减排以能源相关二氧化碳为主,在碳中和愿景提出后,下一阶段需要逐渐扩展到全部温室气体减排。

甲烷是仅次于二氧化碳的第二大温室气体。自工业化时代以来,全球地表甲烷平均浓度持续上升,目前大气中甲烷的浓度大约是工业化前水平的2.6倍,而且还在不断地上升^[2]。甲烷作为一种温室气体具有“短期高效”的特点,其在20年内的增温效应相当于二氧化碳的84倍~87倍,在

作者简介:董文娟,清华大学气候变化与可持续发展研究院副研究员,主要研究方向为气候变化与能源政策

通讯作者:李政,清华大学气候变化与可持续发展研究院常务副院长,清华大学能源与动力工程系教授,主要研究方向为能源系统分析与能源发展战略

100年内的增温效应为二氧化碳的28倍~36倍^[3]。除了影响气候外,甲烷还影响空气质量,增加甲烷排放将增加对流层和平流层的臭氧浓度^[4]。此外,甲烷还是一种具有能源价值的资源性气体,捕获甲烷具有潜在的经济收益。因此,甲烷减排不仅有利于减缓气候变化,同时还具有温室气体减排与资源能源高效利用、环境污染治理的协同效应,甲烷将会成为我国下一阶段重点治理的温室气体之一。欧盟在甲烷减排方面积累了丰富的经验,其战略设计及配套措施可以为我国甲烷减排提供有益借鉴。

1 《欧盟甲烷减排战略》概况

《战略》是由欧盟委员会(European Commission)在2020年10月份提出的政策建议,属于《欧盟绿色新政》下推出的系列战略措施之一。从欧盟立法和政策法规制定的流程来看,欧盟委员会是为欧盟提出立法建议的执行机构,但是并没有决策权。欧盟委员会通常以通讯(Communication)的形式提出政策建议和问题解决方案,并将通讯提交给决策机构欧洲议会(European Parliament)和欧盟理事会(European Council)进行评议,最后由欧洲议会决议并通过法案。目前来看,《战略》主要是一个引导性的战略建议,向欧盟各国和全球传达政策讯号,其实施仍有赖于制定详细的政策和措施。

1.1 总体目标

《战略》服务于欧盟的中长期温室气体减排目标(2030年相比于1990年减排55%,2050年实现碳中和)。欧盟刚刚完成的《2030年气候目标计划影响评估》认为,甲烷仍将是欧盟主要的非

二氧化碳温室气体。如果要实现2030年欧盟温室气体相比于1990年减排55%的目标,需要强化当前的甲烷减排政策,将甲烷减排目标从25%提高到35%~37%(相比于2005年)。在全球范围内,如果在未来30年内将人类活动所导致的甲烷排放量减少50%,到2050年全球温升可以降低0.18摄氏度^[5]。欧盟为了实现全部温室气体减排目标,建立针对甲烷减排的政策框架,制定了《战略》。

1.2 主要措施

欧盟甲烷排放约占全球的5%,其人为甲烷排放的98%来源于农业、废弃物处理和能源三大部门,其中农业部门排放占比最高(53%),废弃物处理部门排放次之(26%),能源活动排放占比略低(19%)。欧盟的第一份甲烷减排战略颁布于1996年,经过多年的发展,甲烷减排政策和环境已经非常完善。欧盟主要领域的甲烷排放早已实现了下降,与1990年相比,现在能源领域甲烷排放已经减少了一半,废弃物处理和农业领域的甲烷排放已经分别减少了三分之一和五分之一。

针对甲烷排放源的特征,《战略》提出了覆盖五大领域共24条的行动方案(见表1)。除了覆盖主要的甲烷排放部门(农业、废弃物处理、能源)之外,还增加了“跨部门行动”和“国际合作”两部分内容。总体来看,《战略》是一个非常全面的引导性的减排战略,主要通过市场和技术手段来评估、修订现有的与气候变化和环境相关的法案和标准,完善监测、报告和核查制度(MRV, Monitoring、Reporting、Verification)和引导性政策,联合国际合作伙伴来推进甲烷减排行动。

表1 《欧盟甲烷减排战略》覆盖的行动方案

领域	行动
跨部门行动	(1) 支持企业改善甲烷监测与报告 (2) 支持在联合国框架下建立国际甲烷排放观测站 (3) 通过哥白尼计划,加强卫星对甲烷排放的探测与监测 (4) 审查欧盟气候和环境相关法案 (5) 为废弃物处理产生的沼气建立市场机制
能源部门行动	(1) 支持企业自愿减排行动,同时推动立法建立能源相关甲烷排放MRV制度,推动天然气企业开展泄漏检测和修复 (2) 通过立法以消除天然气放空和燃烧 (3) 扩展油气甲烷合作伙伴关系(OGMP, Oil and Gas Methane Partnership)框架覆盖油气行业上游、中游、下游和煤炭行业 (4) 推动转型中的采煤地区进行修复

续表

领域	行动
农业部门行动	(1) 支持研究农业全生命周期甲烷排放方法学 (2) 2021 年底完成农业部门最佳减排实践和技术清单编制 (3) 2022 年完成农场温室气体排放和移除核算方法及模块 (4) 2021 年开始部署发展“富碳农业”, 推广减排技术 (5) 在 2021—2024 年“欧洲地平线”计划中, 设立项目研究导致甲烷减排的因素
废弃物部门行动	(1) 加强监管, 向成员国和各区域提供技术援助 (2) 2024 年审核修订《垃圾填埋气指令》, 改善垃圾填埋气的管理 (3) 在 2021—2024 年“欧洲地平线”计划中, 设立项目研究垃圾生产生物甲烷技术
国际合作	(1) 通过气候和清洁空气联盟、北极理事会和东南亚国家联盟(东盟)等机构加大对国际论坛的贡献 (2) 同伙伴国家一起促进甲烷减排, 并协调解决全球能源部门甲烷排放问题 (3) 寻求提高能源部门减排透明度, 建立国际甲烷供应指数 (4) 在国际伙伴没有作出重大承诺的情况下, 考虑对欧盟境内消费和进口的化石能源设立减排目标、标准和激励措施 (5) 建立甲烷超级排放源探测和预警程序, 并分享这些数据 (6) 支持与国际甲烷减排倡议及组织的合作 (7) 在 2021 年 9 月召开的联合国大会上推动国际合作

能源是欧盟减排成本效益最高的部门, 而且数据基础较好。油气行业、煤炭行业和居民部门的甲烷排放分别占能源行业甲烷排放的 54%、31% 和 11%。油气行业排放占比最高, 减排技术较为成熟且成本最低, 是欧盟及全球油气大国甲烷减排的优先领域。《战略》中设置了两个强制性的政策来完善能源部门的温室气体的监测、报告和核查制度, 并禁止天然气放空和燃烧。

农业是欧盟减少甲烷排放总体效益潜力最大的第二部门。欧盟农业领域的甲烷排放主要来自畜牧业, 从农业排放构成来看, 反刍动物的肠道发酵排放占比最高(80.7%), 牲畜粪便管理排放次之(17.4%), 水稻种植排放很低(1.2%)。1990 年以来, 欧盟农业领域的甲烷排放已经减少了 22%。由于农业领域甲烷排放源非常分散, 农业部门实现温室气体的监测、报告和核查很困难, 因此该部门的减排措施主要是加强全生命周期甲烷排放核算和减排技术等方面研究, 以及编制引导性的最佳减排实践和技术清单。

在废弃物处理部门, 甲烷排放主要来自垃圾填埋场的填埋气排放、沼气发电厂的污水和污泥处理。废弃物处理部门的主要措施是改善废弃物

的管理, 《战略》提出将垃圾填埋处理所占比例从 24%(2018 年)降低到不超过 10%(2035 年)的目标, 以减少填埋气产生。关于废水和污水污泥的处理和使用, 现行的监管框架《城市废水处理指令》和《污水污泥处理指令》中, 没有具体处理温室气体排放问题。因此《战略》提出了修订这些指令和相关标准的措施。

国际合作方面, 欧盟希望联合中国、日本、韩国三个主要油气进口国(这四方共占全球油气进口总量的 75%), 建立买方联盟, 支持建立全球性的监测、报告和核查标准, 促进油气出口国和油气企业加入联合国环境规划署以及气候和清洁空气联盟成立的油气甲烷合作伙伴关系(OGMP)倡议, 采用甲烷减排措施和技术。此外, 《战略》还提出分享欧盟的甲烷超级排放源探测卫星数据等建议。

欧盟希望能够借助这一战略来推动全球甲烷减排。尽管甲烷排放量占全球比重并不高, 但欧盟是全球最大的化石燃料进口方, 并且在全球农业领域有着很强的话语权, 欧盟希望借此推动全球合作伙伴采取类似的行动。欧盟将于 2025 年启动哥白尼地球二氧化碳监测方案, 将有三颗卫

星服务于这一任务。该方案将显著改善全球甲烷排放监测水平,提供更加准确的自上而下的排放数据。此外,欧盟甲烷检测与减排技术方面全球领先,推出《战略》,有助于巩固欧盟在全球气候变化领域的领导地位,对于其相关技术的发展和出口也将具有良好的推动作用。

2 我国的甲烷排放情况与减排行动

甲烷在我国也是仅次于二氧化碳的第二大温室气体,我国是全球最大的人为甲烷排放国。根据我国气候变化第二次两年更新报告,2014年我国温室气体总排放(不包含土地利用、土地利用变化和林业)约为123亿吨二氧化碳当量,其中二氧化碳排放占比约为83.5%,甲烷排放占比约为9.1%^[7]。与2005年相比,甲烷排放增加了11.5%。一些研究也表明,近年来我国甲烷排放仍在持续增长^[8-9]。

2.1 我国主要的甲烷排放部门

尽管我国和欧洲甲烷的主要排放源都是农业、废弃物处理和能源活动,但是各领域排放占比却有着显著的差异(见表2)。能源活动是我国第一大甲烷排放源,2014年,能源活动甲烷排放量占全国甲烷总排放量的45%。其中,煤炭开采过程的甲烷排放是能源系统的主要排放源,占甲烷总排放量的比例高达38%,油气系统排放仅占2%,燃料燃烧的甲烷排放占5%。我国煤炭行业的甲烷泄漏浓度低、波动大、持续性强,回收利用的技术难度大。尽管煤炭甲烷回收利用率不断增长,但整体利用率仍然偏低。2018年我国煤层气的抽采量达到184亿立方米,其中利用量102亿立方米。另外,每年还有大量的低浓度瓦斯直接排放到空气中^[9]。此外,煤炭开采停止后,废弃矿井仍会通过自然或人为通道继续释放甲烷。近年来,我国政府出于安全生产和淘汰落后产能的原因不断关闭小型煤矿,全国煤矿数量由2010年的14000多座减少到2018年的5900座左右,废弃矿井数量不断增加,已成为重要的甲烷排放源。油气系统甲烷逃逸排放的来源主要包括设备密封部位的渗漏、工艺排空和事故排放。

表2 我国与欧盟人为甲烷排放情况比较

	单位:%		
	农业	废弃物处理	能源活动
欧盟	53	26	19
中国	40	12	45

农业部门是我国第二大甲烷排放源,也是氧化亚氮的第一大排放源。2014年,农业活动甲烷和氧化亚氮排放量分别占全国排放总量的41%和79%,农田施肥、家畜饲养、水稻种植和粪便管理是农业主要排放源。农业活动甲烷排放中,动物肠道排放占44%,水稻种植排放占40%,动物粪便管理排放占14%,畜牧业和种植业的排放贡献都很大。根据国家统计局的数据,1994年至2019年,我国粮食产量、肉类产量、禽蛋产量分别增长了1.5倍、1.7倍和2.2倍,在主要农业产品大幅增长的背景下,农业活动甲烷排放整体上还保持了增速放缓的趋势。由于农业排放源的高度分散性,农业排放和固碳效益核算的不确定性,以及农业固碳项目的可逆性,导致农业温室气体减排相对缺乏管理手段和市场机制。

废弃物处理部门占全国甲烷总排放量的12%,排放源主要包括固体废弃物处理和废水处理。2014年,固体废弃物处理甲烷排放量占比为7%,废水处理排放量占比为5%。近年来我国固体废弃物数量呈逐年增长趋势,全国每年新增固体废弃物接近100亿吨,历史堆存总量高达600亿吨~700亿吨。2012—2014年,固体废弃物处理甲烷排放量增加了0.5倍。污水处理厂也是甲烷的重要排放源,在污水处理各个阶段均可检出甲烷排放。欧美发达国家将甲烷和氧化亚氮排放作为城市污水处理厂日常运行的监测指标之一,但是在我国污水处理过程中还没有采取温室气体排放监测、预测和减排手段,甲烷排放基础数据研究严重不足^[10]。

研究表明,随着煤炭开采量的下降以及加强煤矿瓦斯的利用,远期来看,煤炭开采过程的甲烷排放会呈下降趋势。农业部门动物肠道发酵和水稻种植的甲烷排放未来将呈持续上升趋势,2050年后将超过煤炭开采排放,并成为最主要的甲烷排放增长来源。油气逸散和废弃物填埋也是未来促使甲烷排放量增长的主要因素。未来通过采用

控制和减少甲烷排放的措施,在 2℃ 情景下,我国甲烷排放量可在 2030 年达峰(约 12 亿吨二氧化碳当量),2050 年甲烷排放有望下降到 8 亿吨二氧化碳当量左右,比峰值排放量有较大的降幅^[11]。

2.2 我国的甲烷减排政策与行动

与欧盟相比,我国对于甲烷排放的实践起步较晚,已有措施多从环保、安全、可持续发展等领域出发,国家层面上还缺乏将甲烷作为温室气体进行统一管理的方案。煤炭行业的甲烷管控一直以安全为导向,从“十一五”以来已出台了一系列相关政策,加大煤层气勘探开发力度,提高煤层气、煤矿瓦斯利用率,以减少甲烷排放和泄漏。《“十三五”控制温室气体排放工作方案》进一步提出加强对放空天然气和油田伴生气的回收利用。目前我国正在将甲烷减排扩大到气候变化和生态环境保护领域,一些省区市如山西省、陕西省已经开始积极部署煤炭行业甲烷减排试点方案。此外,从 2020 年开始,生态环境部大力推进挥发性有机物治理攻坚,发布了《挥发性有机物治理实用手册》《重点行业企业挥发性有机物现场检查指南(试行)》等手册,覆盖了油气行业的储运、加工处理和售卖环节的挥发性有机物排放(含甲烷)。

我国也不断推进能源企业的甲烷排放核算、报告和减排工作。2014 年国家发展和改革委员会出台了石油和天然气生产企业、煤炭生产企业的温室气体排放核算方法与报告指南,推动企业建立甲烷排放核算与报告制度。我国油气企业也积极推进绿色低碳转型,开展甲烷减排行动。中国石油天然气公司于 2015 年加入了油气行业气候倡议组织(Oil and Gas Climate Initiative, OGCI),承诺到 2025 年将油气供应链上游的甲烷排放强度降至 0.25% 以下,并制定《甲烷排放管控行动方案》。中国石油化工集团从 2011 年就把绿色低碳发展作为发展战略之一,在温室气体减排、甲烷减排方面也做了大量的工作。中国海洋石油集团于 2019 年发布《绿色发展行动计划》,明确了近期、中期和远期 3 个阶段的绿色发展目标。此外,能源企业积极开展甲烷减排技术的研发,在油气田伴生气回收利用技术、煤层气逸散气

回收、风排瓦斯蓄热氧化发电技术、套管气回收、油气甲烷泄漏检测与维修体系建设方面不断取得进步。但是总体来看,我国的甲烷排放核算报告体系尚不完备,先进的甲烷排放控制技术仍有待进一步研发和推广。

我国农业领域应对气候变化工作侧重于适应气候变化。尽管缺乏专门的农业温室气体减排政策,但已有的农业环境政策、宏观经济政策、可持续发展政策都直接或间接地发挥了农业源温室气体减排作用。农业减缓温室气体排放的行动主要包括:减少化肥农药使用(目前我国较 2020 年目标已提前三年即 2017 年实现化肥农药使用量零增长);推进畜牧大县畜禽养殖废弃物资源化;构建循环型农业体系,提升秸秆综合利用水平;推进保护性耕作和草地生态保护,提高农田草地土壤碳汇等。至 2018 年底,全国 300 个示范县化肥使用量提前实现负增长,全国畜禽粪污综合利用率达到 70%,规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 63%,秸秆综合利用率达到 83%^[12]。此外,2019 年畜禽粪便并网沼气发电装机容量达到 75 万千瓦,年发电量为 33 亿千瓦时。

在废弃物管理领域,我国的政策多从环保、资源利用的角度出发,采取的主要措施包括:(1)针对生活垃圾填埋场、垃圾焚烧项目颁布了一系列政策、技术规范和污染控制标准。(2)推进工业垃圾、建筑垃圾、污水处理厂污泥等废弃物无害化处理和资源化利用,开展垃圾填埋场、污水处理厂甲烷收集利用及与常规污染物协同处理工作。(3)鼓励垃圾分类和生活用品的回收再利用,2018 年以来全国垃圾分类工作由点到面逐步启动,目前全国 46 个重点城市已基本建成垃圾分类系统,垃圾回收利用率不断提高。(4)启动城镇污水处理提质增效三年行动。(5)启动“无废城市”试点建设,鼓励首批 16 个试点城市和地区探索将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式。法律层面上,新修订的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》于 2020 年 4 月 29 日经第十三届全国人大常委会第十七次会议审议通过,并已于 2020 年 9 月 1 日起施行,减量化、资源化和无害化已经成为未来固体废物处置的重要原则。

3 《欧盟甲烷减排战略》对我国的启示

《战略》中提出的就甲烷排放制定国际监测、报告和核查标准的措施,总体上与《巴黎协定》下关于透明度原则的要求是一致的。2020年后中国将承担透明度双年度报告的义务,需要采用IPCC制定的《2006年国家温室气体清单指南》方法学以及后续更新的方法学,编制连续年份的国家温室气体清单,统一接受国际专家组审评和促进性多边审议。这也要求我国尽快完善温室气体核算的方法学,建立MRV体系,逐步开展和推进包含甲烷在内的全温室气体减排。此外,就甲烷减排加强国际合作,将有助于我国推进甲烷减排和开展能力建设,打造气候变化领域外交优势,外树形象、内促发展。因此建议有步骤地做好甲烷减排战略部署,逐步完善甲烷减排的政策、标准和制度。建议我国做好以下方面的准备:

(1) 针对甲烷减排,有计划、有步骤地做好战略部署,制定近期、中期、远期目标和行动计划。目前生态环境部正在研究制定“中国控制甲烷排放行动方案”,提出我国五年甲烷减排目标及重点领域行动计划。建议将中远期甲烷减排目标纳入《巴黎协定》下我国更新的国家自主贡献和长期温室气体低排放发展战略,制定国内落实方案和措施,并将其纳入国家整体战略。

(2) 借鉴欧盟促进甲烷减排的法规、政策、标准、技术目录、最佳实践等,加强甲烷排放统计、监测与管理,完善能源行业甲烷监测、报告和核查制度,逐步完善我国甲烷减排相关政策和制度环境。

(3) 以能源行业为重点,推进甲烷减排。近期以自愿减排行动为主,鼓励能源企业开展甲烷排放测量专项行动,推广行业先进减排技术与经验。鼓励能源企业加入油气甲烷合作伙伴关系(OGMP),提高甲烷减排能力,学习先进技术,熟悉国际规则。

(4) 加强对农业领域温室气体排放核算方法学的研究,编制农业领域最佳减排实践、精细化管理经验和减排技术清单,推广甲烷减排技术。

(5) 加强甲烷减排科学研究,加强关于甲烷排放的方法学、检测技术、减排技术、农业排放源精细管理的研究,以及整装成套技术设备的国产

化示范、应用和推广。减排技术上,重点加强煤矿低浓度瓦斯气体回收利用、油气行业甲烷泄漏检测与维修(LDAR, Leak Detection and Repair)、畜禽养殖废弃物资源化、垃圾焚烧装置以及烟气处理等方面的技术研发。

(5) 研究探索在国家碳市场交易体系中纳入甲烷等非二氧化碳气体以及大型煤炭企业和油气企业的时机和方案。

(6) 加强与欧盟在甲烷监测和减排方面的技术合作,积极学习和借鉴欧盟在排放监管、制度设计和技术研发等方面好的经验和适用做法,引进和学习行业先进技术和最佳实践。

4 结语与展望

我国于2020年9月提出“努力争取2060年之前实现碳中和”的宏伟愿景,下一阶段我国温室气体减排将会从能源相关二氧化碳减排为主扩展到全部温室气体减排。我国可以借鉴欧盟的相关经验,针对甲烷减排做好战略部署,尽快制定近期、中期、远期目标和行动计划;逐步完善我国甲烷减排相关政策和制度环境;编制甲烷减排最佳减排实践和技术清单,推广甲烷减排技术;加强甲烷减排科学研究和技术研发;研究和探索在国家碳市场交易体系中纳入甲烷等非二氧化碳气体及大型能源企业的时机和方案;鼓励大型能源企业加入油气甲烷合作伙伴关系,提高甲烷减排能力;加强与欧盟在甲烷核算、监测、减排方面的广泛合作,打造我国在低碳领域的经济和技术竞争力。

参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Allen M, Babiker M, et al. Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report [M]//Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2018.
- [2] World Meteorological Organization (WMO). WMO Provisional report on the state of the global climate in 2020[R]. Geneva: WMO, 2020.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2013: the physical science basis [M]. Cambridge: Cam-

- bridge University Press, 2014.
- [4] 谢飞, 田文寿, 李建平, 等. 未来甲烷排放增加对平流层水汽和全球臭氧的影响[J]. 气象学报, 2013, 71(03): 1-5.
- [5] European Commission. Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions; on an EU strategy to reduce methane emissions [EB/OL]. (2020-10-28) [2020-11-15]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1603122077630&uri=CELEX:52020DC0663>.
- [6] 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[EB/OL]. (2019-07-01) [2020-12-02]. <http://www.mee.gov.cn/ywz/ydqhbh/wsqtz/201907/P020190701765971866571.pdf>.
- [7] SAUNOIS M, STAVERT A R, POULTER B, et al. The global methane budget 2000-2017 [J]. *Earth System Science Data*, 2020, 12(3): 1561-1623.
- [8] JACKSON R B, SAUNOIS M, BOUSQUET P, et al. Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources [J]. *Environmental Research Letters*, 2020, 15(07): 071002(7pp).
- [9] 刘见中, 孙海涛, 雷毅, 等. 煤矿区煤层气开发利用新技术现状及发展趋势[J]. 煤炭学报, 2020, 45(01): 258-267.
- [10] 鲍志远. 典型城市污水处理工艺温室气体排放特征及减排策略研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [11] 项目综合报告编写组. 《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(11): 1-25.
- [12] 生态环境部. 中国应对气候变化的政策与行动 2019 年度报告 [EB/OL]. (2019-11-27) [2020-12-06]. <https://www.mee.gov.cn/ywdt/hjnews/201911/W020191127531889208842.pdf>.

European Union Methane Strategy and its implications on China's 2060 Carbon Neutrality Vision

DONG Wenjuan¹, SUN Shuo², LI Tianxiao², YANG Xiu¹, LI Zheng^{*1,2}

(1. Institute of Climate Change and Sustainable Development, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Department of Energy and Power Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The European Union (EU) Methane Strategy, launched in October 2020, serves the EU's medium and long-term greenhouse gas reduction targets. The strategy proposes a total of 24 actions in five areas. In the field of energy, the EU focuses on the oil and gas industry by setting up two compulsory regulations to improve greenhouse gas monitoring, reporting and verification in the energy sector, and to eliminate routine venting and flaring. In the field of agriculture, the main measures are to analyze life-cycle methane emissions metrics, to promote the uptake of mitigation technologies, and to develop an inventory of best practices and available technologies. In the field of waste management, the EU will review the legislation and standards on waste disposal and wastewater treatment and enhance regulation as well. At the global level, the EU will seek to work with major oil and gas importers, including China, to promote the establishment of global monitoring, reporting and verification standards, and to share satellite data on super-emission source detection, etc. After China put forward the 2060 Carbon Neutrality Vision, the next phase of greenhouse gas emission reduction will be extended from energy-related carbon dioxide emission to total greenhouse gas emission. It is suggested that China and EU should cooperate extensively. Drawing on the experience of the EU, China should formulate near, medium and long-term targets and action plans for methane emission reduction as soon as possible, promote mitigation technologies, strengthen scientific and technological research, study the timing and scheme of including methane and other non-carbon dioxide gases into the national carbon trading system, encourage large energy enterprises to join the international methane emission reduction initiative to increase their capacity, gradually improve China's methane emission reduction policies and institutional environment, and build China's economic and technological competitiveness in the field of low carbon.

Keywords: EU Methane Strategy; carbon neutrality; energy; agriculture; waste disposal