

车用空调温室气体管控国际经验及启示

International experience in greenhouse gas control of air conditioners for vehicles and its enlightenments

■文 / 吴倩¹ 马冬¹ 林欣悦² 彭頔¹ 窦广玉¹

汽车制冷设备中使用的氢氟碳化物(HFCs)是汽车温室气体排放的重要贡献源之一。随着全球汽车产销量和保有量的增加,汽车制冷剂的使用量和排放量不断攀升。国际社会对汽车空调温室气体减排高度重视,作为全球主要汽车产地的美国和欧盟都已明确实施了针对汽车空调HFCs和其他温室气体的减排措施。2016年10月,《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书(基加利修正案)》(下称《基加利修正案》)将18种HFCs列入受控物质清单,旨在逐步减少HFCs的生产和使用,同时进一步提升空调能效。2021年6月,中国宣布接受《基加利修正案》并于当年9月正式生效,成为该修正案第122个缔约方。研究制定汽车空调HFCs排放标准,加强车用空调温室气体排放管控,对有效应对气候变化,助力实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

一、国外车用空调温室气体管控现状及经验

近年来由温室气体排放引发的全球变暖已取代臭氧层破坏成为全球环境保护的首要任务。HFCs全球变暖潜值(GWP)最高可达14800,是《京都议定书》确定的六种主要温室气体之一。当前国际社会控制HFCs制冷剂的消费、采用更加气候环境友好的环保制冷剂的呼声日益高涨。2016年10月《基加利修正案》将HFCs纳入受控物质清单,明确了四组

国家HFCs的生产基线及削减时间表,要求到2047年其消费量相对于各自基线下降80%-85%。其中,非第5条款国家包括美国、欧盟、日本等主要发达国家(地区),2019年实现削减10%(按CO₂当量计算,下同),2024年削减40%,到2036年实现削减85%。第5条款国家包括中国在内的发展中国家,应从2024年起将受控用途HFCs生产和使用冻结在基线水平,2029年起HFCs生产和使用不超过基线的90%,2035年起不超过基线70%,2040年起不超过基线50%,2045年起不超过基线20%。此外,《基加利修正案》制定了HFCs进出口管理制度,限制了缔约方与非缔约方的贸易合作。同时规定了缔约方每年报送HFCs进出口年度数据,以及报送每处生产设施的年度排放量数据等。《基加利修正案》的实施开启了协同应对臭氧层损耗和气候变化的历史新篇章,加快制冷剂HFCs替代,减少温室气体排放是确保气候目标实现的有力保障。

HFCs主要作为空调制冷剂使用,随着机动车保有量的快速增长,车用空调HFCs使用量也日益增长,约占HFCs总用量的四分之一。车用空调温室气体的排放主要包括直接排放和间接排放,直接排放指HFCs在充注、空调运行、维修和回收过程中直接泄漏到大气中产生温室效应,间接排放指在车用空调运行过程中因能量损耗而产生的温室气体排放。目前我国车用空调制冷剂为强效温室气体,GWP均在

1400以上,空调系统能耗占整车能耗的15%–20%,因此加强车用空调HFCs和能耗管控是减少汽车温室气体排放的重要手段之一。目前,欧美等国家(地区)为达到《基加利修正案》的履约要求,缓解气候变化和保护人体健康等多重效益,已将车用空调HFCs的管控纳入相关法律管控范围,通过制定汽车空调制冷剂的种类、生产、消费、维修、回收、报废等相关法规政策及技术标准对制冷剂直接排放进行控制,同时通过在汽车油耗或二氧化碳标准中增加对高效空调技术的激励积分,鼓励提高汽车空调系统能效,减少汽车空

制的配额制度逐步实现欧盟的减排目标。

美国制定了HFCs的减排目标并采取相应措施,2015年修订了《重要新替代品政策》,要求2021年起国内新生产轻型车全面淘汰使用HFC-134a,2026年起HFC-134a将不再用于任何在美国新生产或进口的车辆等。2020年美国颁布了《美国创新和制造业法案》,授权美国环境保护局(EPA)通过采取逐步削减HFCs的措施,实现美国在《基加利修正案》下的HFCs减排目标及义务。削减措施包括:逐步减少生产量和消费量,2036年前将美国HFCs的生产量和

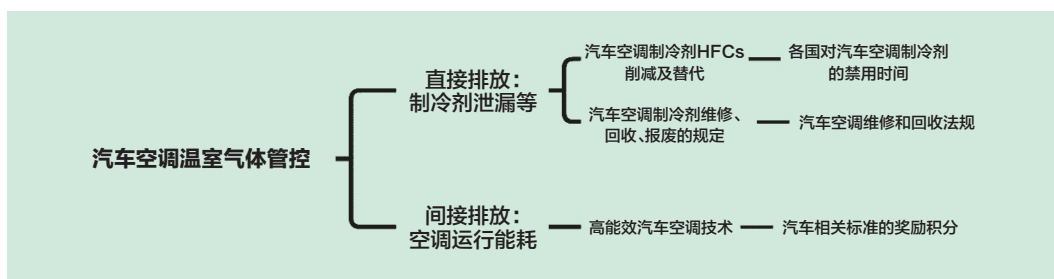


图1 汽车空调温室气体减排路径

调温室气体间接排放。

欧美、日本等国家和地区在车用空调温室气体管控方面积累了丰富的经验,可为我国开展相关工作提供重要借鉴。

(一) 制定车用空调行业HFCs减排目标,实施高GWP制冷剂淘汰和替换

欧美国家和地区相继出台了一系列区域性或国家性的政策或法律,进一步明确车用空调行业HFCs减排目标。

欧盟作为第一个对含氟温室气体管理控制立法的地区,2006年颁布了《关于机动车空调系统温室气体排放控制指令》,2014年对《温室氟化气体条例》进行了修订,要求2017年起欧盟市场上所有新生产的乘用车和轻型商用车禁用GWP高于150的含氟气体,2030年氟化气体消费量需降低至2014年消费量的三分之一。2022年4月欧盟进一步加严了《温室氟化气体条例》中HFCs申请配额企业的资格、模式、投放市场阈值要求及违规惩罚措施等相应的规定,例如,对于非法交易和投放市场的气体或商品,成员国将最高被执行产品/气体市场价五倍的罚款等。新版《氟化气体条例》在旧版法规的基础上加大了控制力度,提高了市场准入标准,严格了数据检测制度,通过总量控

消费量减少85%;最大限度地提高HFCs的回收率并减少设备的排放;促进向下一代空调制冷剂技术的过渡。法案建立了2022年和2023年HFCs配额分配和交易的初始方法,构建了创新的合规执法体系,从源头控制HFCs的非法贸易、生产、使用或销售,加快了制冷剂HFCs的替代进程。

(二) 以车用空调系统为监管对象,在燃油经济性和温室气体法规中予以规范

EPA与交通高速公路安全管理局(NHTSA)制定了协同性排放标准,要求企业在满足燃料经济性法规的同时必须满足温室气体排放法规的要求,并建立了全面的车用空调温室气体管控政策,将轻型车空调系统作为整体进行管控,并在燃料经济性和温室气体标准中设定了空调减排激励积分,鼓励高效空调技术、整车热管理技术、低GWP替代制冷剂等减排措施的推广应用。汽车生产企业可通过减少车用空调制冷剂泄漏、改用GWP值较低的制冷剂、提高车载空调系统的效率,以及减少制冷剂的需求获得丰厚的温室气体减排积分,帮助汽车生产企业达标。通过积分政策可以帮助汽车生产企业达到更为严格的车队平均排放标准,企业通过制冷剂及空调系统优化,协同实现HFCs直接减排和CO₂间接减排,提高了企业灵活应

对市场的能力,具有显著的经济效益和环境效益。此外,EPA联合多部门制定了涵盖污染物排放、温室气体排放、燃料经济性、使用成本等信息的标识,对车辆高速行驶、空调使用等实际排放情况进行综合评价,在一定程度上引导消费者选择经济环保车型。

(三) 加强空调制冷剂生命周期管理,对车用空调维修、回收和报废环节提出具体要求

欧美、日本等国家和地区对车用空调维修、回收和报废环节提出严格的控制标准,通过对含氟温室气体污染防治、回收、产品上市限制、标识制度、泄漏检查规定以及维修人员培训认证等内容进行规定,从而达到减少车用空调温室气体排放的目的。同时,鼓励技术创新开发高能效安全替代品,降低HFCs削减成本,确保温室气体减排目标的实现。

日本的报废汽车回收处理制度具有鲜明特点,即扩大生产者责任制及回收处理费用预付制。日本的《报废汽车回收法》通过划分汽车所有者、报废汽车回收商、汽车制造商、进口商、拆解行业等各自的责任范围,明确责任主体,规定汽车制造商及进口商有义务对报废汽车处理过程中的破碎残渣、氟利昂类物质及气囊进行回收处理,与欧盟的指令法规不同,汽车生产商必

须承担回收并处理报废汽车全车责任。日本国土面积狭小,填埋空间有限,破碎残渣处理问题是日本报废汽车处理的首要问题,日本报废汽车回收法制定基本思路是通过汽车生产商解决最严重的难点问题来进行的。日本报废汽车回收的另一特点是预付制度,回收处理费用由车主承担并采用事先征收,统一管理,逐级支出的管理方式,车主在购买汽车时即支付包含所有回收成本的费用,车主缴纳的回收处理费由汽车回收再利用促进中心保管,该中心或其委托的机构对已缴费车主发放汽车回收处理券,该券可随汽车有偿转让。预付制度可有效防止回收费用的拖欠,使回收处理有稳定的资金来源,有利于汽车回收处理业的发展,并减少车主违法遗弃报废车辆的可能性,但预付制度也存在缺点,即预付费用与实际产生的费用可能不完全一致,将导致过度征收或收费不足的问题。

二、中国车用空调温室气体管控现状及问题

为协同应对臭氧层耗损消耗和气候变化,加强HFCs管控,我国于2020年5月发布了《消耗臭氧层物质和HFCs管理条例(修订草案征求意见稿)》,将HFCs纳入管控范围,并进一步明确HFCs控制目



标、控制措施、管理制度等,逐步削减HFCs的生产和使用,制定相关配套措施鼓励HFCs替代技术研发和应用,鼓励对HFCs进行回收、循环利用和转化利用。《消耗臭氧层物质管理条例》的修订及实施,将为车用空调HFCs管控提供重要的指导。2021年10月,我国将HFCs纳入《中国受控消耗臭氧层物质清单》和《中国进出口受控消耗臭氧层物质名录》,以国际履约形式对HFCs的生产、使用、进出口实行总量控制和配额管理。

“十四五”时期,我国能源、产业、消费和区域结构等将发生重大调整,车用空调HFCs的削减工作应抓住“绿色复苏”的最佳窗口期,重点开展制冷剂的替代研究工作,加快完善相关监管体系,满足未来碳排放环境管理的需求。目前,我国车用空调HFCs管控体系正处于起步阶段,主要从国家层面对HFCs进行管控,行业层面监管机制还不够健全,主要存在以下几个问题。

(一) 尚未制定车用空调行业HFCs减排目标及路径

《基加利修正案》对我国提出了明确的HFCs减排的总体目标,车用空调行业作为我国HFCs主要使用行业,尚未制定基于碳达峰碳中和及国际履约的行业减

排目标、发展路径,存在排放底数不清、减排目标不明、控制措施不准的问题,不利于行业HFCs减排工作的有序开展。以国际履约为基础,结合国家碳减排总体目标和行业发展实际,制定可预期、可操作、具体化的HFCs减排目标及路径是推进行业减排的有力保障。

(二) 尚未建立完善的车用空调温室气体管控标准体系

我国尚未建立完善的车用空调温室气体管控政策及相关标准。目前已发布的车用空调相关标准,多属于推荐性标准,实施效果不尽如人意且适用范围较为局限,如《乘用车循环外技术/装置节能效果评价方法 第3部分:汽车空调》标准只适用于燃油用车,不适用于商用车和电动车。尚未对车用空调制冷剂类型提出明确要求,不利于HFCs淘汰和替代工作的开展。当前替代技术研究仅与现用高GWP制冷剂比较,行业缺乏明确的替代制冷剂性能评价规范与适配系统要求。对R290、R152a等可燃性制冷剂生产、运输、应用缺乏安全风险评估标准。R744制冷剂泄漏进入乘客舱后会有窒息风险,现有标准缺乏制冷剂泄漏对于乘客舱的影响评估。维修和报废环节制冷剂缺乏相关的技术规范,以及回收率、再利用率等要求。



现有标准缺少电动汽车全工况能效要求,尤其是寒冷工况续航里程偏差限值。缺少高效空调技术评价规范及激励政策等,不利于提升空调系统能效工作开展。因此亟须强化相关法律法规的制定与修订,研究制定车用空调国家强制性政策标准,完善车用空调标准体系。

(三) 车用空调行业制冷剂生命周期监管薄弱

车用空调行业制冷剂缺乏全生命周期管理,对车用空调维修、报废、回收处理等环节制冷剂排放和有关人员培训缺乏相应规定。我国汽车报废回收市场尚未形成产业化,存在数量多、规模小、与汽车产业发展不匹配、经济和社会效益不明显的特点。市场的不规范以及相关标准的不完善造成大量报废汽车难以通过正常途径真正报废,且从事维修、报废相关工作的从业人员普遍缺乏制冷剂回收处理相关培训,行业科技水平落后,拆解手段原始,资源再利用率低,维修报废期间车用空调制冷剂向大气泄漏的风险极高。现有的维修泄漏管控要求及报废汽车回收要求与国外标准相比存在一定差距,缺乏相应法规及标准支撑,无法实现对车用空调制冷剂行业生命周期排放及时有效管控。

三、中国车用空调温室气体减排管理对策建议

我国已明确提出碳达峰碳中和减排目标,作为《基加利修正案》缔约国,应积极履行HFCs减排目标,同时充分考虑我国实际国情,确保行业健康可持续发展。建议以国际履约为基础,以碳达峰碳中和为引领,科学制定行业减排目标及控制措施,加快推动行业绿色低碳转型,实现行业减污降碳协同增效。

(一) 研究制定车用空调HFCs减排目标及路线图

进一步明确车用空调HFCs减排目标及路线图,有效推进HFCs减排工作。一是加强顶层设计,以国际履约为基础,以“双碳”目标为引领,充分考虑我国实际国情,科学制定车用空调HFCs减排目标。二是加强车用空调HFCs数据统计和报送,开展车用空调HFCs排放清单编制,摸清不同车型、不同阶段车用空调HFCs使用和排放情况,结合行业发展现状及趋势,研究制定车用空调HFCs分阶段、分类型退出时间表及路线图。三是出台车用空调HFCs减排综合行动方案,逐步淘汰高GWP制冷剂,加快新型、低碳制

冷剂替代,推动制冷剂行业绿色转型。

(二) 建立完善车用空调温室气体排放标准及监管体系

加强车用空调HFCs生产、使用、维修、回收、处置等生命周期管理,建立完善相关标准及监管体系。一是将车用空调温室气体管控纳入下一阶段轻型车和重型车排放标准中,对车用空调制冷剂类型、性能、GWP值等提出要求。研究车用空调HFCs泄漏测试评价方法,提出HFCs泄漏率和测试评价要求。研究建立车用空调温室气体排放测试程序、测试设备、技术要求、测试边界条件等,系统评价车用空调对整个车温室气体排放影响。二是将车用空调制冷剂类型、空调技术、泄漏率、空调能效、空调开启整车排放数据等信息纳入车辆环保信息公开及环保达标监管体系。三是强化汽车生产企业主体责任,研究建立车用空调HFCs生产者责任延伸制度,明确相关责任,确保车用空调HFCs报废回收及合理处置。四是研究维修环节车用空调制冷剂泄漏排放控制、检测技术及设备要求,探讨将车用空调HFCs纳入机动车检验与维护(I/M)制度的可行性。

(三) 研究建立车用空调温室气体减排激励政策体系

加强市场调节作用,研究建立车用空调温室气体减排激励政策体系。一是研究将低GWP制冷剂、低泄漏率空调技术、高效空调技术纳入汽车温室气体减排激励体系,通过将HFCs减排和空调能效与温室气体减排挂钩,鼓励汽车生产企业提前淘汰高GWP制冷剂和采用低泄漏率及高效空调技术。二是研究制定车船税、购置税、消费税等优惠政策,推动汽车生产企业加快替代制冷剂空调系统及高效空调技术的研发及规模化应用。三是研究将采用低GWP制冷剂、低泄漏率空调技术、高效空调技术的汽车纳入绿色产品环境标志体系及政府绿色采购目录,加快促进清洁低碳汽车的推广使用。四是建立自愿减排交易机制,推动HFCs类型的国家核证自愿减排量(CCER)项目成为各类机制的可交易产品,鼓励汽车空调生产商或整车企业有序开发HFCs类型的CCER项目。■

【本文受到国家重点研发计划项目(2017YFC0212100)支持】

作者单位:1.中国环境科学研究院;
2.中国汽车工程研究院