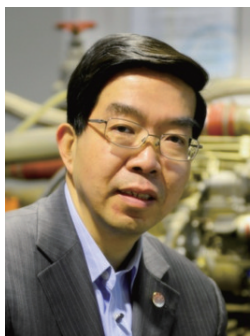


# 面向未来的车用碳中性、 可再生合成燃料

自19世纪奥托发明汽油机、狄塞尔发明柴油机以来,化石燃料作为汽车的能源为人类社会和经济的发展做出了巨大贡献,但如今世界正面临由化石燃料带来的气候变化等挑战。美国国家海洋和大气管理局观测显示,2019年5月大气层中的CO<sub>2</sub>浓度达到了415.26 mg/L,这是人类有史以来的最高值,CO<sub>2</sub>浓度的增加对环境造成了一系列显著的负面影响,导致全球变暖,进而引起两极冰川融化、海平面上升、海洋风暴增多、土地干旱、沙漠化面积增大等。

目前全球约有16亿辆汽车,每天对消耗液体燃料超过110亿L。随着中国经济的快速发展,汽车年产量和销量从原来不足100万辆持续增长到近年来的2800多万辆,连续多年位居世界第一,中国汽车保有量已超2.6亿台。汽车是石油消耗的第一大户,但中国石油资源有限,国外进口量长期保持高位,2019年原油对外依存度高达71%,在复杂多变的国际局势下,石油供给风险加大,能源安全结构性矛盾突出。

作为世界上最大的汽车产销国和CO<sub>2</sub>排放国,中国正面临自身发展需求与国际温室气体减排压力的双重挑战。在过去的几十年中为满足污染物排放法规和温室气体减排要求,汽车发动机技术飞速发展,正变得更清洁、更高效。已将汽车发动机污染排放水平降低到原来的1/1000左右,汽车正从超低排放、极超低排放车,走向零水平排放车;同时车用发动机热效率快速提高,柴油机和汽油机最高热效率已分别接近55%和45%。虽然近年来电动汽车快速发展,但目前其保有量不足全国汽车总量的1.5%。燃油发动机在未来



黄震,浙江宁波人,车用能源与动力系统专家,中国工程院院士。现任上海交通大学讲席教授,教育部动力机械与工程重点实验室主任。主要研究方向为车用能源、燃料设计与发动机燃烧。

相当长时间内将继续是汽车的主要动力,从中长期看,车用燃料碳中性、零碳化和可再生是国家能源安全和汽车可持续发展的必然要求。

2006年诺贝尔化学奖获得者乔治·奥拉在其专著《跨越油气时代:甲醇经济》介绍了“氢经济”及其局限性,提出了利用可再生能源将工业排放及自然界的CO<sub>2</sub>转化为碳中性醇醚燃料的前瞻观点。近年来,通过可再生能源来转化CO<sub>2</sub>制备合成燃料技术引起了国际主要发达国家的高度关注,美国能源部2009年建立46个能源前沿研究中心EFRC,其中支持了太阳能直接发电和转化为化学燃料研究;2010年美国能源部在加州建设“人工光合作用研究中心JCAP”集中攻坚(光)电催化水分解和CO<sub>2</sub>固定方向的基础性科学挑战,并在2020年继续推进太阳能驱动CO<sub>2</sub>还原至液体燃料的反应系统研究;欧盟启动Energy-X项目,以CO<sub>2</sub>为介质探究碳基能源的循环利用。德国博世研究报告表明,欧洲将自2050年起全面使用基于可再生能源的合

成燃料,可实现CO<sub>2</sub>减排28亿t(约等于德国CO<sub>2</sub>年排放量的3倍);德国奥迪已宣布实施e-fuel再生燃料计划,使用碳中性燃料或可再生合成燃料,目标是减少内燃动力对化石燃料的依赖。

碳中性、可再生合成燃料是以太阳能、风能等可再生能源为主要能量供给,通过转化还原CO<sub>2</sub>,合成高能量密度的车用碳氢燃料或醇醚燃料,合成燃料能量密度高输运和加注方便,可利用加油站等基础设施,社会应用成本低,燃料在发动机中燃烧后排出的CO<sub>2</sub>再被捕集,可实现燃料合成-燃烧-碳排放-燃料合成的碳元素循环利用和碳中性。

要真正实现通过阳光、水、CO<sub>2</sub>制取可再生合成燃料,用于交通能源,成就人类可持续发展的伟大构想,亟待开展车用可再生合成燃料的基础理论和关键技术研究。针对CO<sub>2</sub>还原转化产物,基于燃料与发动机相互作用及调控机制,设计适用于车用发动机的可再生合成燃料;从分子水平上建立催化剂构效关系,实现高效CO<sub>2</sub>还原催化剂体系的设计与功能化定制;进而构建高能效的CO<sub>2</sub>还原合成燃料系统,实现CO<sub>2</sub>到液体燃料分子的选择性精准转化和可再生燃料的合成与实用化。

可再生合成燃料技术可实现“源-储-荷”离线可再生能源利用,同时解决了弃风、弃光等新能源发展难题,有望实现车用燃料取之不尽用之不竭,独立于化石能源,大幅减少温室气体排放,是一项极具潜力的变革性技术,将为国家能源战略转型与汽车可持续发展提供全新的解决方案。

(上海交通大学,上海200240)