

编者按

近年来,生物燃料在全球范围内获得了长足的发展,已成为全球减少温室气体排放的重要力量。2024年,生物燃料全球消费约两亿吨,未来其将有更广泛的应用前景,正被各国政府通过政策机制和激励措施加以推广。本期专题聚焦生物燃料的主要应用场景、当前生产概况与未来发展潜能,并邀请专家从前沿技术、市场需求及影响生物燃料在航空领域应用的因素等角度进行解读。

本版文字除署名外由 国家能源委员会专家咨询委员会委员、中化能源股份有限公司前首席经济学家 王能全 提供

生物燃料:从“绿色补充”到“转型支柱”

视觉中国 供图

专家视点

生物燃料:中国能源转型的绿色引擎

杨 晨 中国石化经济技术研究院市场营销研究所高级研究员

在“双碳”战略驱动下,我国生物燃料产业迎来历史性发展机遇,将通过政策引导、技术创新、市场培育的“三驾马车”,逐步推动生物燃料产业驶入快车道。

目前,我国正利用政策加快构建产业生态。2024年10月30日,国家发展改革委等六部门发布《关于大力实施可再生能源替代行动的指导意见》,支持有条件的地区因地制宜发展生物天然气、生物柴油、生物航煤等绿色燃料。在顶层设计的推动下,我国已形成“原料多元化、技术多路径、应用多层次”的发展方向。

现在我国生物燃料的应用多处于试点示范阶段,应用场景实现了多维突破,尤其是航空和航运领域正在加速发展。在航空领域,民航局于2024年9月开展的可持续航空燃料(SAF)应用试点正在逐步展开,自2025年7月起,北京大兴、成都双流、郑州新郑、宁波栎社机场起飞的所有国内航班将常态化加注掺混1%

的SAF混合燃料。在船舶领域,多地港口率先开展了生物燃料加注试点,由国内首艘甲醇燃料加注船“海港致远”轮为国际航行的大型甲醇动力集装箱船舶“阿斯特丽德马士基”轮在上海港成功加注504吨绿色甲醇,实现中国港口首次为国际航行船舶开展绿色甲醇燃料“船—船”同步加注作业。

作为生物燃料国家技术标准的主要制定者,目前,中国石化构建了“基础研究—中试放大—工业示范”全链条创新体系。通过原料体系创新,塔河炼化建立了废旧塑料再生中试装置;通过核心技术突破,镇海炼化生物航煤装置实现了第二代HEFA工艺工业化应用;通过商业模式探索,中国石化在上海布局了250余座供应B5车用柴油的加油站。此外,中国石化还注重标准体系构建,牵头或参与制定了《船用生物燃料油》《生物航煤全生命周期碳足迹核算方法》等国家标准。

全球可持续航空燃料主流生产技术路线介绍

王 铃 中国石化石油化工科学研究院第九研究室(科研规划室)副主任

目前,全球可持续航空燃料的主流生产技术路线有油脂加氢(HEFA)、生物质气化—费托合成(G+FT)、醇制喷气燃料(AtJ)、二氧化碳加氢(PtL)。

油脂加氢技术路线由中国石化石油化工科学研究院研发,采用催化加氢方式生产可持续航空燃料,包括预处理、加氢处理和加氢转化等3个单元,特点是采用固定床反应器和高效异构催化劑,投资小、操作简单。该技术相对成熟,已实现商业应用,产业链协同性强,可联合生产生物柴油,提高资源利用率。

生物质气化—费托合成技术路线的核心工艺装置包括生物质气化合成单元和费托合成单元。德国科林公司研发了生物质气化技术,采用气流床工艺,特点是转化效率高、投资和运行成本较高。费托合成工艺由南非沙索公司开发,采用Co基催化剂,特点是操作条件和产品分布弹性大、催化剂更换方便。生物质

气化—费托合成路线处于发展中期,具有市场开发潜力,但在实际应用过程中还需提高气化效率、运行稳定性、产品选择性,发展高原料适应性。

醇制喷气燃料技术路线由美国朗泽技术公司开发,采用工业废气为原料生产乙醇,经过醇类脱水、烯烃低聚、低聚油加氢等3个环节生产可持续航空燃料,特点是采用生物发酵技术,乙醇选择性好。醇制喷气燃料各环节单独技术已有成熟的商业应用,但国内缺乏技术储备和研发基础,尚未在工业中实现由醇类到燃油的转化。

二氧化碳加氢技术路线由美国霍尼韦尔UOP公司开发,采用两步法,将捕集的二氧化碳和绿氢结合,合成电子甲醇,再将电子甲醇转化为可持续航空燃料,特点是原料来源广泛、碳减排效果好。但未来需要进一步提高二氧化碳转化率及产品选择性,降低绿氢和碳捕集成本。

影响生物燃料在航空领域应用的主要因素

黄爱斌 中国石化镇海炼化分公司科技部副经理

近年来,中国石化积极践行绿色低碳发展战略,2009年成功开发出具有自主知识产权的生物航煤生产技术,2020年镇海炼化建成国内首套10万吨/年生物航煤装置并投运,2024年国家发改委和中国民航局正式启动生物航煤应用试点。目前,我国生物航煤商业化进程提速,但相比欧美国家,产业链发展还存在诸多挑战。

首先,我国生物燃料领域缺乏顶层设计和政策支持。欧盟可再生能源法规要求,2025年起,所有在欧盟机场加注的航煤必须包含2%的可持续航空燃料,这个数字将在2030年提高至6%。而目前除相关试点外,国内尚无强制加注生物航煤的政策要求,也尚未出台支持生物航煤产业发展的鼓励政策。我国可以借鉴欧美国家的做法制定相应的鼓励政策,如提供补贴、减免税赋、给予资金支持等。

其次,生物燃料生产、应用成本高。在原料采购环节,目前我国生物航煤装置大多采用加氢法技术路线,以餐厨废油为原料,受餐厨废油排放分散、原始收集成本高、原料指标苛刻、原料采购价格高等因素影响。而在生产环节,受市场因素影响,目前生产装置无法实现连续大规模生产,现阶段生物航煤的总生产成本是传统航煤的3~4倍。在应用环节同样存在阻碍,据麦肯锡报告,目前国际上经济性最佳的生物航煤价格仍为传统航煤的2.5倍。未来可以由地方政府牵头健全废弃油脂回收网络,强化市场监管,推动区域规模化收集和集中化处理;鼓励行业龙头企业牵头,联合生产企业、销售企业、航空公司等相关方,以市场化方式联合投资生物航煤项目,形成风险共担、利益共享机制;同时加快完善机场生物航煤配套设施,出台相关应用标准,降低生物航煤运输、储存和加注环节成本。

生物燃料泛指由生物质组成或萃取的固体、液体或气体燃料,可替代由石油制取的汽柴油,又被称为可再生燃料、生物能源等。所谓生物质是指利用大气、水、土地等通过光合作用产生的各种有机体,包括植物、动物和微生物。不同于石油、煤炭、核能等传统燃料,这些新兴燃料是可再生的,而使用广泛的生物燃料主要包括以下3种类型。

乙醇是最著名、也是用量最大的生物燃料,可以由各种植物材料制成。乙醇与汽油混合,可以提高辛烷值,减少一氧化碳和其他烟雾的排放。国际上常见的乙醇汽油为E10(10%乙醇,90%汽油)和E15(15%乙醇,85%汽油),多数用于传统的燃油车。

生物柴油是另一种使用广泛的生物燃料,

是由可再生资源生产的液体燃料,如新的和使用过的植物油、动物脂肪等,是石油基柴油的清洁燃烧替代品。生物柴油无毒且可生物降解,是将柴油与植物油、动物脂肪或回收的食用油脂混合制成的。生物柴油可与石油柴油以任何百分比混合,包括B100(纯生物柴油),B20(20%生物柴油,80%石油柴油)。目前,在美国和欧洲地区,非农业原料越来越多用于生产生物柴油。

可持续航空燃料(SAF)是由可再生资源或废弃物制成、且通过适航审定和可持续认证的航空燃料,其能量密度、体积密度与传统航煤基本一致,可与现有航空器和民航基础设施良好兼容,且可通过原料种植与收集阶段的碳捕集与封存(CCS)实现全生命周期内的低碳排放。

生物燃料在道路交通领域的应用

生物燃料在运输行业的应用主要集中在乙醇和生物柴油上。2023年,全球道路运输能源消耗总量略高于22亿吨油当量,与2022年相比增长了3.2%。

汽柴油的替代能源(生物燃料、液化石油气和电力等)份额2023年也上升了3.2%,达到近两亿吨油当量,是近年来最高水平。其中,生物燃料为1.07亿吨油当量,即替代燃料53%以上的市场份额,占有燃料消耗的4.8%。

在2023年可供消费的道路运输生物燃料中,生物乙醇或燃料乙醇(汽油的主要替代品)年增长率为8%。2023年,全球乙醇消费量达到5670万吨油当量。

替代柴油的生物燃料又回到了2019年前高速增长的趋势,增长近22%,全球消费量达到创纪录的5000万吨油当量。

分地区看,全球生物燃料在道路燃料中的掺入率都有所上升,比例因地区而异,拉美地区的比例最高(按能耗总量计算超过11%),仅巴西的乙醇市场就达到近40%的汽油掺入率;北美和欧洲地区紧随其后,分别为10.4%和5.7%;亚洲地区这一比例每年都在上升,2023年达到2.7%。

欧盟2021年~2022年液体生物燃料消费量急剧上升了13%,2023年液体生物燃料消费量几乎稳定在1700万吨油当量。南美

2023年生物燃料消费量与2019年持平(约2300万吨油当量)。2022年~2023年,北美和亚洲地区的消费量增长最强劲,分别为4400万吨油当量(增长15%以上)和1800万吨油当量(增长21%以上)。

生物燃料市场出现后,乙醇一直是汽油燃料的主要替代品。在全球范围内,2022年~2023年消费量增长了8%。美国是其最大的生产国,其次是巴西,他们占全球市场的82%。不过,亚太地区的产量增长率最高,超过17%,其中印度、中国和泰国占亚洲市场的94%。印度2023年的需求增长尤为强劲(增长了27%)。欧洲燃料乙醇需求持续增长,主要受E10和超级乙醇E85的推动。为应对这一需求,欧洲生物乙醇产量和进口数量2023年分别上升了3%和12%。

与其他地区不同的是,欧盟多数汽车使用柴油,使得生物柴油市场在欧盟占据主导地位。但2022年以来,亚太地区已成为全球领先的生物柴油生产区,并在2023年以2270万吨油当量的产量确立了领导地位。此外,2023年,北美生物柴油总消费量首次与欧洲(1500万吨油当量)持平,这使得美国成为世界领先的加氢处理植物油生产国和消费国(分别为700万吨和800万吨油当量),占全球市场的60%以上。

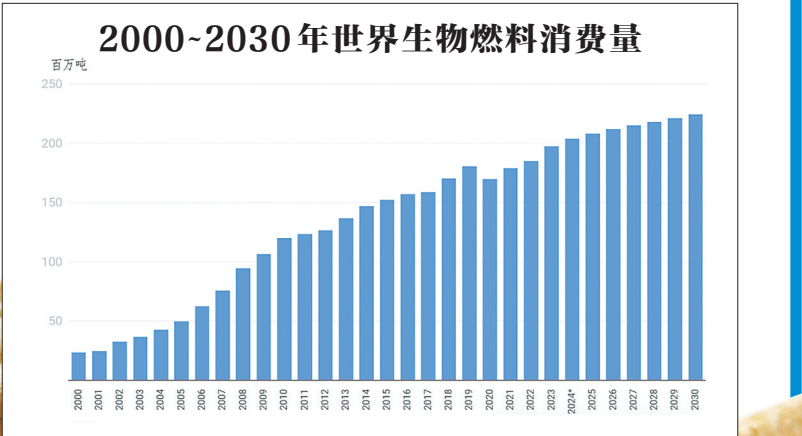
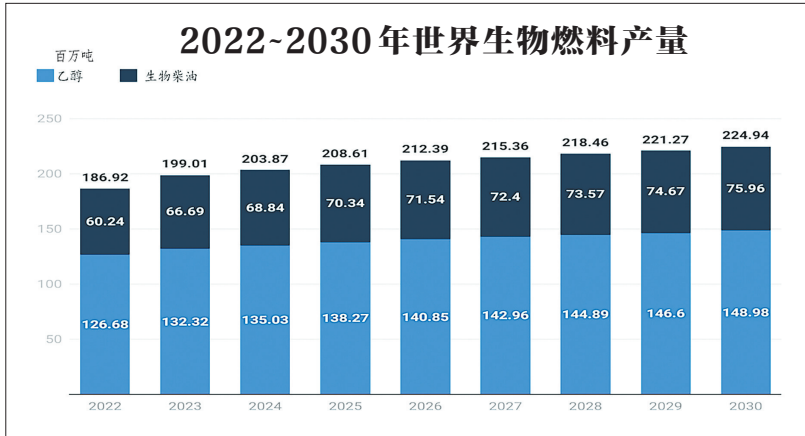
2030年全球生物燃料消费预测

为了缓解全球气候变暖的影响,包括生物燃料在内的可再生能源正被各国政府通过政策机制和激励措施加以推广。作为可再生有机资源,生物燃料对能源系统的可持续发展至关重要。因为环境问题和能源转型,生物燃料市场,包括乙醇和生物柴油在内,将在未来显著增长,到2030年,乙醇和生物柴油等生物燃料的年消费量预计接近2.24亿吨。其中,全球范围内供应的大部分生物燃料仍将是乙醇,到2030年,供应量将

增至1.49亿吨。

随着生物燃料产业的不断发展,到2030年,预计全球生物燃料产业价值将达到2800亿美元,这将是通过技术变革降低生产成本和提高生产效率的结果。

分地区看,美国是生物燃料用量最大的国家。2030年,美国仍将保持主导地位,预计生物燃料需求为7700万吨。不过,如今欧盟部分国家正雄心勃勃地推动生物柴油发展,其生物柴油消耗量高于乙醇。



数据来源:《今日科技》(Sci-Tech Today)网站