



周“油”列国

油事精彩

5

□2022年8月16日 □每周二出版

□责任编辑:魏佳琪 □电话:59963398 □邮箱:weijq@sinopec.com
□审校:张春燕 □视觉统筹:王强 □版式设计:巩宝贵

奋进新征程 建功新时代 | 牢记嘱托 再立新功 再创佳绩 喜迎二十大

编者按:想象一下,前几天吃炸鸡剩下的油,成了飞机燃料,甚至完成了跨洋飞行——这样看起来很科幻的故事如今已成为现实。

近年来,随着技术的成熟,以餐饮废油、动植物油脂、农林废弃物等为主要原料的生物航煤低碳环保的优势日益凸显,各国不断加大在该领域的研发力度。

从2006年启动生物航煤研发工作,到2014年2月获得中国第一张生物航煤适航证,再到今年6月镇海炼化全国首套生物航煤工业装置完成规模化试生产,中国石化锚定目标,用10多年

的坚持完成了一个看似天方夜谭的壮举,实现了“地沟油”的逆袭。

在这个过程中,除科技部组织系统内产学研合力攻关外,产业链各个环节都给予了大力支持和帮助:民航局创新管理流程,制定适航标准,开展适航审定;东方航空提供发动机台架测试和客机飞行测试;海南航空提供商业航班开展应用;空客公司、波音公司、普惠发动机公司、罗罗发动机公司等提供应用支持……各方通力合作,通过搭建合作平台、实施具体项目,构建了良好的产业生态圈,使生物航煤得以在国内实现从研发到生产、再到应用的快速发展。

翱翔蓝天的生物航煤

——中国石化生物航煤研发纪实



石科院

科技创新助力餐饮废油一飞冲天

□徐凯 陈子佩 渠红亮 葛泮珠 习近平 文/图

2006年,在中国石化科技部的超前布局下,石科院依托自身临氢工艺研究室等多个研究室组建技术研发团队,开展生物航煤制备技术的可行性论证和初步试验探索。

这条自主创新之路注定征程漫漫,困难重重。

传统的航空煤油都是由石油加工而成。生物油脂和石油虽然外观相似,但分子结构、元素组成却天差地别:石油的主要成分是烃类化合物,主要由碳氢两种元素组成;生物油脂的主要成分则是脂肪酸甘油三酯,由碳、氢、氧三种元素组成,其中氧元素质量可占到总质量的10%~15%。

如何用天差地别的原料生产出性质类似的产品,实现“殊途同归”?国内并无前例,这个答案只能依靠自己去寻找。经过精心研究,石科院科研人员将目光投向了关键核心技术之一——加氢精制技术,以此为突破口,开启探寻之路。

“氢”尽全力,形成自主成套技术

加氢精制是生产航煤时去除杂质、提升燃油质量的重要手段。以石油为原料生产航煤,需通过加氢精制脱除原料中少量的硫化物和氮化物等杂质,这些物质质量总和不足原料的0.5%,难度不算很大。但以生物油脂为原料时,加氢精制的难度却呈指数级增加。生物油脂中含有大量氧元素,但航空发动机所需的航煤几乎不能含氧。因此,必须通过加氢精制将氧原子从脂肪酸甘油三酯分子上“揪”下来,才能满足产品需求。这也意味着生物油脂中需加氢精制脱除的杂质质量,是以石油为原料时的几十倍乃至百倍之多。

不仅如此,在剥离氧原子的过程中,会生成大量的水。“水油不相容”,在发生反应的油中混入大量的水,必然会造成干扰。这就对加氢精制的催化剂提出了很高的要求:催化剂不仅在油中要有很好的活性和选择性,而且在水中要具备良好的水热稳定性。

为解决这些难题,石科院研发团队从原料适应性、催化剂制备选型及级配技术,到技术路线设计、工艺条件优化等方面,展开了全方面细致的研究,先后完成了原料筛选、技术路线设计、工艺条件优化,以及催化剂配方定型等实验室研究工作,研发出包括RJW-3、RIW-2、RLF-10L在内的系列配套催化剂,形成了突破性的中国石化生物航煤生产技术(SRJET),产品质量及工艺技术指标完全达到国际先进水平。

百尺竿头,建成亚洲首套装置

行百里者半九十,“工业化”这座大山还

横亘在研发团队通向成功的道路上。

从实验室里的瓶瓶罐罐到两层楼高的中型试验装置,前期的顺利运行只算成功了一半。如何将生物航煤生产技术工业化放大,在至少七八层楼高的工业装置上实现大批量、连续稳定生产,才是最大的挑战。催化剂和原料体量数百倍的增大带来的是数百倍的难度及风险:加氢精制过程中产生的热量巨大,处理不当可能会引起重大安全事故;反应生成的大量水也可能会对加氢催化剂的稳定性造成巨大冲击……但这些“绊脚石”挡不住研发团队前进的脚步。

经过无数次的方案优化和操作调整,2011年9月,中国石化在镇海炼化下属生产基地改造建设的工业示范装置投入使用,这是亚洲第一套生物航空煤油工业示范装置;同年12月,在不断的完善和打磨下,该装置首次生产出合格的生物航煤,被命名为“中国石化1号生物航煤”。

2014年2月12日,新的惊喜到来——中国石化获得中国民航局颁发的中国第一张生物航煤适航许可证,我国首例生物航煤产品正式迈入产业化和商业化阶段。

上天跨洋,商业应用稳健推进

2015年3月21日,搭载156名乘客和8名机组人员的海南航空HU7604航班,从上海虹桥飞往北京首都机场。伴随着客机的平稳落地,生物航煤首次商业载客飞行顺利完成,中国石化成为国内首家拥有生物航煤自主研发生产技术并成功投入商业化应用的企业,很好地填补了国内空白。

有了好的开始,生物航煤商业化稳步推进愈加稳健。2017年11月22日,依靠中国石化生物航煤的驱动,海南航空HU497航班跨洋飞行圆满完成,标志着我国首次实现自主研发生产的生物航煤跨洋远距离商业飞行。

随后,镇海炼化采用石科院自主研发的SRJET技术建设了10万吨/年生物航煤装置。2020年,该装置建成中交,是目前国内唯一已建成的生物航煤工业生产装置。

今年4月,镇海炼化生物航煤产品获得可持续生物材料圆桌会议认证颁发的RSB可持续认证证书。中国石化是亚洲首个获得该证书的企业,生产的生物航煤产品具备了进入欧洲及国际航空减排市场的资质,为拓展全球市场奠定了基础。

6月28日,镇海炼化国内首套生物航煤工业生产装置一次开车成功,产出合格生物航煤产品,这意味着我国生物航煤向大规模生产及商业化应用迈出了坚实的一步。

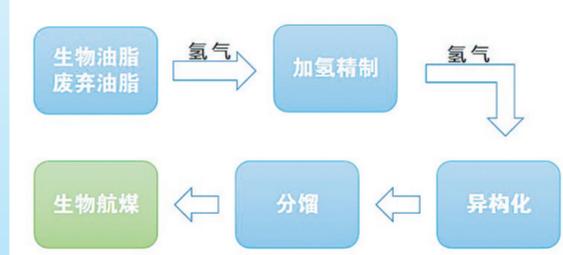
十年磨剑,十年创新,中国石化生物航煤生产技术终于一步步从实验室走进机场,上演一幕幕“地沟油”上天越洋的科学魔法。

知识链接 //

生物航煤是以可再生的生物质资源为原料生产的航空煤油,来源包括棕榈油、蓖麻油、棉籽油等动植物油脂,还有餐饮废油,也就是俗称的“地沟油”。

与传统石油基航空煤油相比,生物航煤具有原料来源可再生、杂质含量低等优点,而且全生命周期二氧化碳排放可减少50%以上,是航空煤油领域当之无愧的“明日之星”。按照我国目前航煤年消费量3000万吨计算,如全部以生物航煤替代,一年可减少二氧化碳排放约5500万吨,相当于植树近5亿棵、逾3000万辆轿车停开一年。

生物航煤生产流程示意图



中国石化生物航煤研发大事记

2006年

中国石化启动生物航煤研发工作。

2009年

中国石化成功开发出具有自主知识产权的生物航煤生产技术。

2011年9月

中国石化镇海炼化在下属生产基地改造建成一套生物航空煤油工业示范装置及调和设施;同年12月,该装置首次生产出合格生物航煤。

2013年4月24日

中国石化1号生物航煤在上海虹桥机场由东航成功完成技术试飞,我国成为继美国、法国、芬兰之后,第四个拥有生物航煤自主研发生产技术的国家。

2014年2月12日

中国民用航空局正式向中国石化颁发1号生物航煤技术标准规定项目批准书,可投入商业化应用。

2015年3月21日

中国石化1号生物航煤由海南航空执飞上海至北京,顺利完成首次商业飞行。

2017年11月22日

海南航空HU497航班跨洋飞行圆满完成,标志着我国生物航煤自主研发生产技术更加成熟。

2020年8月

我国首套生物航煤大型工业化装置在镇海炼化建成。

2022年5月

中国石化镇海炼化油脂加氢路线生物航煤产品通过可持续生物材料圆桌会议认证,成为亚洲第一家获得全球RSB可持续生物航空燃料认证的企业。

2022年6月28日

我国首套生物航煤工业装置在镇海炼化首次产出生物航煤,我国生物航煤向大规模生产及商业化应用迈出坚实一步。

催化剂公司

新型催化材料“诞生”记

□刘春雨 熊芳文 艾丹

前段时间,一则“能‘吃’10万吨地沟油的生物航煤装置投产”的新闻火出了圈。该装置突破性地应用了中国石化自主研发的专用催化剂和工艺,其中,异构降凝催化剂RIW-2活性组元,就产自催化剂长岭分公司特材车间。看着新闻,工艺主管廖凯波的思绪又回到了那个夏天。

2013年刚入夏,廖凯波就接到任务,要配合生物航煤装置生产,完成一种新型异构降凝催化剂活性组元的工业放大试验。工业放大规模是实验室中试的几百倍,在反应过程中,各种参数的放大变化都可能对产品质量造成影响,难度可想而知。

第一次投料试生产就遇到了严重影响合成效果的问题。廖凯波立刻叫停投料,带领技术员奋战了9天,经过多次试验,才找出了最佳合成材料及溶解的最佳温度。刚清除了一只“拦路虎”,他们紧接着发现合成容器中存在大量异常结垢,又是一轮废寝忘食的试验调整。从升温速度到搅拌功

率,每个参数都经过无数次的新旧验证设计,才最终找到了消除结垢的解决方案。就这样,在一次次的攻关中,各项指标渐趋完美,新催化剂的工业放大试验成功完成,为后续生物航煤的工业化生产打下了坚实基础。

“那一年的夏天,我们完成了生物航煤项目所需的3种重要催化剂的工业化生产,有效解决了飞机在低温环境飞行时航油凝固、油品存放周期短的问题,大大提高了油品的使用性能,为项目的核心攻关提供了坚实助力。”廖凯波介绍。2014年,中国石化取得了我国第一张生物航煤适航证,我国也成了亚洲第一个、世界第四个拥有自主研发生物航煤技术的国家。“当时的心情和现在很像,有对国家强盛、企业繁荣的激动,也有自己参与其中的深深自豪。”他笑着说。

更令人欣喜的是,这几项自主研发的催化剂是典型的“一项技术攻关、多个领域突破”,9年时间里,在高端润滑油及航空燃油领域都有喜报传来,这正是当时参与工业转化的技术人员之心所向。

镇海炼化

餐饮废油变身记

□崔楠 潘晓蓉 李理

“冰点、金属含量等16项关键参数全部合格。”6月28日,中国首套生物航煤工业装置产出首批产品,经质量分析人员检测后,所有指标全部合格。

从2021年8月接到试生产任务起,镇海炼化炼油四部生物航煤技术团队联合相关部门,成立了试生产攻关小组,经过10个月的奋战,在试车方案确认、难点突破、稳定运行等环节中,战胜了一个又一个困难,终于圆满完成了试生产任务。按照年设计加工能力10万吨计算,该装置一年可消化掉一座千万人口城市回收来的“地沟油”,折算下来,每年可减排二氧化碳8万吨。

在试车准备方案中,装置置换是最关键的一步。

生物航煤产品对金属含量指标要求苛刻,24种金属含量每千克产品都要小于0.1毫克,其中铁离子大多出自装置本身管线的铁锈。按照常规,装置进行置换都是产什么产品就用什么产品来“清洗”,比如装置生产柴油,就用柴油来“清洗”,但“清洗”后的产品是不合格的。

对于生物航煤装置来说,如果采用以往的方式,一个循环就需要用掉300吨的生物航煤,显然代价太大。在试车方案的编制中,技术团队提出用烃类油品来替换,但一个新的难点也随之出现了——用于循环置换的烃类油品如何和生产过程中的生物航煤分离?他们克服疫情等不利影响,通过电话、邮件、视频会议等方式,积极与石科院、SEI沟通过论,最终通过改动流程,解决了这个难题。

系统如何合格置换、烃类油品如何分离、生物航煤产品收率如何提高、生物航煤产品质量如何把控……一系列技术上的难点,随着一次次的交流探讨被陆续攻克。在这个过程中,生

物航煤试车方案也不断充实、完善,数易其稿,形成了较为成熟的最终版本,并顺利通过了专家评审。

6月以来,为确保生物航煤顺利投产,该装置领导干部全部下沉到基层,技术员白天工作、晚上值班,24小时紧盯生产工况,优化工艺参数,及时指导操作人员精细调整,为试生产保驾护航。

“注意!反应床层间温升最低2摄氏度、最高10摄氏度,相差较多会影响产品质量,马上攻关。”在生物航煤试生产至关重要的转化阶段,技术员朱刘津发现反应器床层间的温升迟迟不能均匀控制,赶紧叫来班长吴苏武。

生物航煤反应器有多个反应床层,生产运行的最大难点就在于要均匀控制几个反应床层的温升。反应温升是反应器的最高点温度与反应器入口温度之差,温升控制不均匀,会影响催化剂的活性及生物航煤的产品质量,降低生物航煤的收率。

针对瓶颈,攻关团队一遍遍核查数据,反复论证影响床层温升的因素,通过技术手段,解决各床层间温升相差不多大问题,最终将床层之间温差降至1摄氏度,有效提高了生物航煤产品收率。

试车成功后不久,新的难题又出现了——油水混合物分离不彻底,导致中间产品循环油带水,影响了装置平稳运行。

“地沟油”作为生产生物航煤的原料,含有大量脂肪酸类化合物,含氧量高达11%,而石油含氧量低于0.1%,两者相差超过100倍。氧分子的多少直接影响着装置催化剂的活性和稳定性,因此反应过程中必须降低含氧量,而最便捷有效的方法就是让氧分子变成水排出去。经过技术人员连续多次操作验证,新方案成功将油水混合物进行分离,在稳定收率的同时,保证了装置平稳运行。



科研人员观察生产出的生物航煤产品。