

我国废弃食用油脂精炼物的发展现状

徐 闯¹, 蔡 月², 张 明², 许皎皎¹, 万 辉¹, 戴莉莉¹

(1. 无锡中粮工程科技有限公司, 江苏 无锡 214035; 2. 江苏丽天石化码头有限公司, 江苏 无锡 214444)

摘要:旨在为我国废弃食用油脂加工业健康发展提供一定的指导作用, 简述了我国废弃食用油脂的资源及收集利用现状, 废弃食用油脂精炼物(UCO)的市场现状、利用现状和发展前景, 并对规模化UCO加工厂建设提出了建议。我国废弃食用油脂资源丰富, 但规范化回收率较低, 将废弃食用油脂精制加工制成UCO, 再制成生物柴油是其利用的主要方向。目前, UCO国内外市场需求旺盛, 具有良好的发展前景。为了UCO产业的健康可持续发展, 需政府、企业、科研机构多方协作, 共同解决废弃食用油脂回收、加工技术、政策等方面的瓶颈问题。

关键词:废弃食用油脂精炼物; 规模化加工; 产业链

中图分类号: TQ517; TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2025)08-0100-05

Development status of used cooking oil in China

XU Chuang¹, CAI Yue², ZHANG Ming², XU Jiaojiao¹,
WAN Hui¹, DAI Lili¹

(1. Wuxi COFCO Engineering & Technology Co., Ltd., Wuxi 214035, Jiangsu, China; 2. Jiangsu Litian Petroleum-chemical Terminal Co., Ltd., Wuxi 214444, Jiangsu, China)

Abstract: Aiming to provide certain guidance for the healthy development of waste edible oil processing industry in China, the current status of resources, collection and utilization of waste edible oil in China, the current market situation, the current status of utilization and the development prospect of used cooking oil (UCO) were briefly described, and suggestions for the construction of large-scale UCO processing plant were put forward. China's waste edible oil resources are abundant, but the standardized recovery rate is low. Refining and processing the waste edible oil into UCO, and then producing biodiesel is the main direction of utilization. UCO domestic and international market demand is strong, with good prospects for development. For the healthy and sustainable development of UCO industry, it is necessary for the government, enterprises and scientific research organizations to work together to solve the bottlenecks in recycling of waste edible oil, process technology and policy.

Key words: used cooking oil; large-scale processing; industrial chain

我国中餐独特的烹饪方式导致餐厨垃圾中含有大量的废弃食用油脂, 其中一部分会伴随烹饪过程流入下水道, 成为“地沟油”的主要来源^[1]。传统工业用途无法消耗产量如此巨大的餐厨废弃食用油脂, 其曾一度回流至餐桌, 引发了严重的食品安全问题。

废弃食用油脂的主要成分是脂肪酸甘油三酯混

合物, 是生物质燃料的良好原料。在全球能源危机和低碳减排的大背景下, 生物质燃料市场迅速发展, 为餐厨废弃食用油脂提供了更加理想的规模化工业用途, 例如转化为生物柴油或生物航煤等生物质燃料。然而, 餐厨废弃食用油脂来源复杂, 包括地沟油、泔水油、潲水油、煎炸老油及动物油脂等多种类别途径, 加上前端收集市场“小、散、乱”, 导致不同来源的原料在成分和性质上差异显著, 这些油脂通常有机质含量高、盐含量高、热值高, 且含有较多重金属及细菌、病毒等病原微生物, 因此其指标并不符

收稿日期: 2024-12-26; 修回日期: 2025-04-11

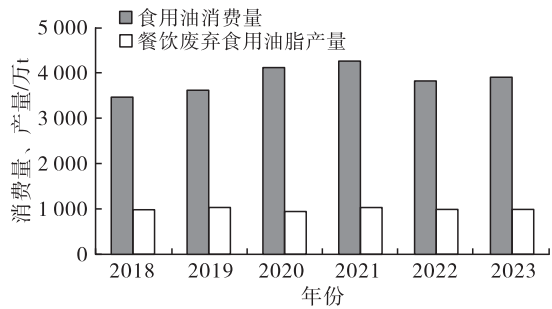
作者简介: 徐 闯 (1979), 男, 高级工程师, 主要从事油料、油脂加工技术的研究和设计工作 (E-mail) 13382213081@163.com。

合直接制备生物质燃料的要求,必须经过除杂、脱胶、脱硫、脱氯、脱酸、脱臭等一系列处理工艺,使其达到一定指标要求后才能够用于生物质燃料的生产。这一处理后的产品被称为废弃食用油脂精炼物(Used cooking oil,UCO)。换言之,UCO 是餐厨废弃食用油脂转化为生物质燃料的中间产品,上游是餐厨废弃油脂,下游是以生物柴油和生物航煤为主的生物质燃料。本文对废弃食用油脂的资源、收集利用现状及其加工成生物柴油的产业链情况,UCO 市场、利用现状及其发展前景进行论述,并对规模化 UCO 加工厂建设提出建议,以期为 UCO 行业发展提供参考。

1 废弃食用油脂的资源、收集利用现状及其加工成生物柴油的产业链情况

1.1 废弃食用油脂的资源现状

我国是世界上主要的废弃食用油脂资源国之一。2018—2023 年我国食用油消费量及餐饮废弃食用油脂产量见图 1。



注:数据来源于国家粮油信息中心

Note: Data from the National Center for Food and Oil Information

图 1 2018—2023 年我国食用油消费量及餐饮废弃食用油脂产量

Fig. 1 Consumption of edible oil and yield of waste edible oil in China from 2018 to 2023

由图 1 可知,2023 年,我国食用油消费量约为 3 908 万 t,约占全球消费量的 18%,占比位列全球

第一。2023 年我国餐饮废弃食用油脂产量约为 1 000 万 t,约占食用油消费量的 26%。2018—2023 年餐饮废弃食用油脂产量整体保持稳定。

1.2 废弃食用油脂收集利用现状

1.2.1 收集现状

废弃食用油脂的合理利用,需要经过有效地收集。过去由于垃圾分类政策和餐厨垃圾收运政策不够完善,废弃食用油脂除少量被正规餐厨垃圾收运企业收运外,大量废弃食用油脂流入了下水道,形成了地沟油,被收集后流向个体商贩。但经营者数量众多、市场集中度低,导致整体收集率低。

1.2.2 加工利用现状

根据《苏州丰倍生物科技股份有限公司首次公开发行股票并在主板上市招股说明书》的统计,尽管我国可供收集的废弃食用油脂潜力巨大,但实际规范化利用并形成工业原料进行加工的不足 300 万 t/年。废弃食用油脂的主要利用方式包括以下 4 种:①通过去杂、脱水、中和、酯化、添加抗氧化剂、提纯、调配等工序将其加工成适用于机械、汽车、船舶等领域的工业润滑油;②通过水解分离出各种脂肪酸(如硬脂酸、油酸)作为油脂化工的基础原料,衍生出的下游产品被广泛应用于纺织、食品、医药、日用化工、石油化工、橡塑、采矿、交通运输、铸造、金属加工、油墨、涂料等行业;③通过皂化工艺制备无磷洗衣粉^[2];④将废弃食用油脂精制加工制成 UCO,再经过甲酯化、烷基化等工艺生产出不同用途的生物柴油。由于生物柴油具有清洁环保且可再生的特点,近年来其发展迅猛,不仅有助于缓解化石燃料的供应压力,还易于规模化和工业化生产,符合市场需求,具备显著的社会效益,是目前废弃食用油脂利用的主要发展方向。

1.3 废弃食用油脂加工成生物柴油的产业链情况

废弃食用油脂加工成生物柴油产业链见图 2。

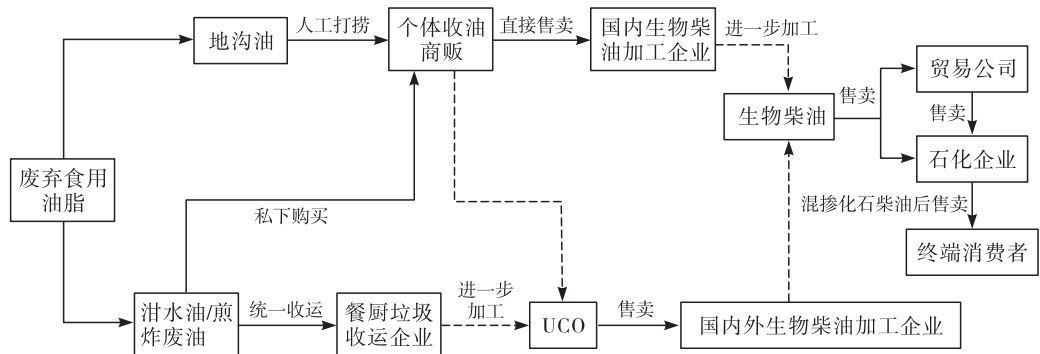


图 2 废弃食用油脂加工成生物柴油的产业链图

Fig. 2 Industry chain diagram of processing waste edible oil into biodiesel

废弃食用油脂主要包括饭店、食品企业及各单位食堂产生的剩菜饭分离的泔水油/煎炸废油及其流入了下水道形成的地沟油。由图2可以看出,废弃食用油脂产业链主要由上游原材料收集加工、中游加工生产、下游应用组成,具体如下:①上游废弃食用油脂收集主要是个体收油商贩通过人工打捞地沟油及私下向餐厨企业购买部分泔水油/煎炸废油实现收储,以及餐厨垃圾收运企业(如北清环能集团股份有限公司、瀚蓝环境股份有限公司、旺能环保股份有限公司等)统一收运部分泔水油及煎炸废油加工成UCO;②中游国内生物柴油加工企业通过采购个体收油商贩收储的餐厨废弃食用油脂以及餐厨垃圾收运企业加工的UCO进一步加工生产生物柴油,国外的生物柴油加工企业主要是采购餐厨垃圾收运企业加工的UCO进一步加工生产生物柴油;③下游生物柴油企业将生物柴油通过贸易公司或直接售卖至石化企业,石化企业将其与化石柴油混掺后,最终销售给终端消费者。

2 UCO 市场现状

2.1 国际市场

欧盟作为全球最早发展可再生能源的地区之一,在推动双碳经济方面发挥了重要作用。2009年,欧洲议会和理事会通过了《可再生能源指令》(Renewable energy directive, RED), RED是欧盟为推动可再生能源使用、减少温室气体排放并实现能源转型而制定的一项重要法规,其要求欧盟成员国在交通领域实现可再生能源占比目标(最初为10%, RED II提升至14%, RED III进一步提高至29%), UCO制生物柴油[如氢化植物油(HVO)、脂肪酸甲酯(FAME)]被认定为先进生物燃料,并享受双重计数(即1 L UCO制生物柴油可折算为2 L可再生能源目标),这一政策极大刺激了UCO生物柴油的需求。据S&P Global数据, UCO制生物柴油的碳排放强度(以CO₂当量表示)为19.87 g/MJ, 远低于化石柴油的90 g/MJ, 符合RED对燃料碳排放强度的严格要求,使其成为许多炼油厂和燃料供应商的首选原料。RED法规致使欧洲UCO需求量增大,价格飙升,导致全球UCO贸易量增长,中国、东南亚等地的UCO出口大幅增加。

2022年,美国拜登政府出台了《通胀削减法案》,通过激励措施促进“更环保的可持续性燃料”的使用,刺激美国市场大量进口中国UCO以制备生物柴油或生物航煤。除了欧洲和美国,其他国家和地区的生物质燃料市场也都有所起步,例如巴西、印度尼西亚等。值得关注的是新加坡,其作为全球第

三大炼油中心和亚洲物流枢纽,一直都是生物质燃料开发的重要参与者,特别是在可持续航空燃料(SAF)和船用燃料方面。新加坡的《碳定价法令》促使当地石化企业在减碳背景下探索新发展路径,推动裕廊岛工业区(世界第三大炼油中心,仅次于休斯敦和鹿特丹)向“可持续能源和化工园区”转型。

综上所述,随着全球性可再生能源行业的发展,生物质燃料的研究、开发和应用还有巨大发展空间。据经济合作与发展组织和中商产业研究院整理数据:2022年生物柴油全球消费量约4 175万t,其中排名前4的国家或地区为欧盟、美国、印度尼西亚、巴西,分别占全球生物柴油消费量的35%、21%、17%、12%;2023年生物柴油全球消费量增长至4 631万t,到2025年全球产能预估增加2 800万t。所有生物柴油、生物航煤新增产能都需要更多原料支持,形成对UCO原料的更大需求。

2.2 国内市场

中国是全球最大的UCO潜在供应国之一,据《中国生物柴油产业发展报告》数据,我国UCO的产量已从2017年的约100万t增加到2023年的约200万t,并预计在2024年达到250万t,我国每年餐厨垃圾中蕴藏的餐厨废弃食用油脂产量约为1 100万t,表明我国UCO产能仍有较大开发空间。此外,据中国海关、国投安信期货数据,我国UCO出口量也逐年上升,从2020年的91.8万t到2023年的205.7万t。2023年,中国向美国出口的UCO总量达到83.4万t,向欧洲出口的UCO总量为55.06万t,这标志着美国已经逐渐取代欧洲,成为进口中国UCO量最大的地区。

我国对化石能源进口依赖度较大,在能源危机和低碳减排的全球背景下,发展生物质燃料及生物基材料已成为必然趋势,将废弃食用油脂加工成UCO并应用于可再生能源行业,完全契合我国现有行业发展需求。此外,由于政策明确禁止使用食用植物油作为原料,国内生物质燃料行业已形成以UCO为主要原料的产业链基础,为UCO的进一步开发利用提供了有利条件。

3 UCO 利用现状

UCO是全球制备生物质燃料最绿色、环保、低碳的原料,根据欧盟最新RED中的标准,在目前已经产业化的几类生物柴油中,UCO制生物柴油排出的温室气体是最少的,相较于传统化石燃料减排幅度达83%,而目前主流原料植物油的减排幅度仅为45%~54%,此外UCO也是我国制备生物质燃料成本最低、最易获得和转化的原料。根据用途不同,以

UCO 为原料的下游生物质燃料产品主要分为生物柴油和生物航煤。在国内,生物柴油按照制备工艺可分为两代:第一代生物柴油(UCOME)主要成分为 FAME,但由于其易凝固、流动性差、不宜长期储存且需与化石柴油掺混才能使用,目前已逐渐呈现被市场淘汰的趋势;第二代生物柴油为烷基生物柴油^[3],主流产品为 HVO,它是通过将 UCO 等原料进行加氢脱氧、异构裂化反应,生成与石油基几乎无差异的直链烷烃和支链烷烃柴油。HVO 在化学结构上与普通柴油已无不同,被称为石化柴油的“低碳”双胞胎,可以直接用于车辆而无需掺混。生物航煤是目前比较高端的 UCO 下游产品,其理化特性与传统的石油基航空燃料非常接近,可直接应用于现有的航空引擎,无须对飞机设计进行重大改动,被视为民航业实现净零碳排放目标最具潜力的减排措施,生物航煤正成为生物质燃料市场发展的一个新风口。

4 UCO 的发展前景

4.1 国内外政策对 UCO 需求的影响

2021 年 10 月,国务院发布的《关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》中明确提出,到 2030 年,非化石能源消费比重达到 25% 左右,顺利实现 2030 年前碳达峰目标。该文件特别指出“大力推进先进生物液体燃料、可持续航空燃料等替代传统燃油,提升终端燃油产品能效”。2023 年 10 月,国家发展改革委、国家能源局、工业和信息化部、生态环境部联合发布《关于促进炼油行业绿色创新高质量发展的指导意见》,明确提出“积极有序发展以废弃油脂为主要原料的生物柴油、生物航煤等生物质液体燃料”。我国“十四五”规划明确支持生物柴油产业发展,UCO 制生物柴油享受税收优惠,部分城市加强餐厨垃圾回收监管,保障 UCO 原料供应。以上意见和规划为国内 UCO 产业健康持续发展提供了政策支持。

2021 年 7 月欧盟颁布《RED 修正案》,将 2030 年可再生能源在欧盟能源结构中的占比由 32% 提升至 40%,并限制棕榈油等原料使用,运输燃料中可再生燃料占比由 14% 提升至 26%。2023 年 RED III 明确,到 2030 年可再生能源占比达到 42.5%,最终目标为 45%,交通领域可再生能源占比达到 29%。欧盟理事会通过的 ReFuel EU 航空法规要求 2050 年可持续航空燃料含量必须达到 70%。美国《通胀削减法案》对可持续航空燃料提供税收抵免。欧美政策将会进一步刺激全球 UCO 产业的快速发展,推动 UCO 成为生物质燃料核心原料。

4.2 UCO 作为生物质燃料原料的发展潜力

UCO 循环利用可减少地沟油回流餐桌风险,作

为唯一可大规模获得的废弃物基生物燃料原料,相比传统柴油可减排 80% 以上。UCO 加工为生物柴油、HVO 或生物航煤成本低于植物油,利润空间大,能源转化效率高。生物柴油、绿色化学品、航空燃料等领域需求增长,UCO 作为核心原料供应缺口较大。

5 规模化 UCO 加工厂建设的建议

5.1 选址建议

为降低原料、成品的运输环节成本,建议大规模 UCO 加工厂建设在码头或邻近码头区域,生产的 UCO 可以通过管线直接输送到储罐,进行贸易或出口,实现“一站式”量产加工、集中出口(内销)的新模式,为客户降低物流、人工等成本,极大提高客户“备货、集港”的效能。同时,对于客户自采集港的 UCO 货物,也能提供“代加工”服务解决品质差异或纠纷问题,这种优势可有效降低物流输送储存环节成本。

5.2 UCO 产品建议

建议大规模 UCO 加工厂建设以实现高品质 UCO 产品为目标,指标直接匹配二代生物柴油 HVO 和生物航煤高标准需求,锚定国内外 HVO 和生物航煤新产能:一是国外欧洲、美国、亚洲(新加坡)的二代生物柴油 HVO 和生物航煤生产商;二是国内即将崛起的二代生物柴油 HVO 和生物航煤生产商。

5.3 UCO 生产工艺建议

国内 80% 以上 UCO 传统加工工艺存在功能不全、效能低下、以低品质产品为主、生产环境恶劣等情况,建议规模化 UCO 加工厂的生产工艺和设备均使用业内先进技术,追求产品加工过程的“节能、低碳、环保”,以确保能够应对国内外可持续能源政策对产品“全生命周期”减排的溯源和考验。工艺设计中最大程度规划太阳能应用、热能交换等节能措施;特别关注气味的处理,按照“厂房密闭负压、生产自动无人”进行工艺设计,实现对环境对人体友好的目标。针对项目产生的“水、气、固”三废收集和处置,采用效能最优的工艺,做到反向解决上游餐厨废弃食用油脂供应商的环保问题,不给地方增添一分排放负担基础上,引进国内最前沿的技术,实现水和渣的“变废为宝”,利用环保创新把行业问题变成优势,实现新的产值。

5.4 解决 UCO 上游市场存在的问题的建议

UCO 上游餐厨废弃食用油脂市场目前存在两大问题:一是税票问题,收集市场呈现“小、散、乱”特点,具有再生资源回收行业的普遍性问题,因源头发票不足导致代开、虚开现象普遍,严重破坏市场秩序,制约行业发展;二是环保问题严峻,大量中小型

(下转第 129 页)

- 胚芽油中的甾醇和甾醇酯[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(5): 131–137.
- [10] 马梦恬, 王明辉, 鲁佩杰, 等. 谷物胚芽营养组分与加工技术研究进展[J]. 中国油脂, 2023, 48(6): 114–118, 147.
- [11] HARRABI S, ST – AMAND A, SAKOUHI F, et al. Phytosterols and phytosterols distributions in corn kernel [J]. Food Chem, 2008, 111(1): 115–120.
- [12] YU D, ELFALLEH W, HE S, et al. Physicochemical properties and minor lipid components of soybean germ [J]. J Am Oil Chem Soc, 2013, 90(10): 1551–1558.
- [13] 李树高. 面粉灰分含量对面制品的影响[J]. 粮食与食品工业, 2008, 15(5): 11, 18.
- [14] 袁超, 吴豪, 刘欣. 小麦胚芽稳定化和功能性成分提取[J]. 粮食与油脂, 2011, 24(5): 1–4.
- [15] Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation [M]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2007.
- [16] 陈圣杰. 牡蛎多肽体外药效学评价及含牡蛎多肽面膜的制备[D]. 南宁: 广西医科大学, 2021.
- [17] 王青, 刘超, 王新坤, 等. 不同提取工艺对小麦胚芽油品质的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 85–88.
- [18] 郑立友, 胡晖, 段玉权, 等. 玉米油精炼过程中磷脂、生育酚及金属元素含量变化及其对返色的影响[J]. 中国油脂, 2016, 41(10): 15–18.
- [19] 王娟. 高酸值米糠油脱酸脱蜡新工艺的研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2015.
- [20] 王笃年. 关于有机物结构与性质的系列问题(6): 与油脂有关的几个问题[J]. 高中数理化, 2014(3): 45–46.
- [21] 张锐利, 张伟敏, 郑诗超. 小麦胚芽灭酶试验中微波的作用研究[J]. 粮食加工, 2005, 30(5): 45–46.
- [22] SHEN J, LIU Y, WANG X, et al. A comprehensive review of health – benefiting components in rapeseed oil [J/OL]. Nutrients, 2023, 15(4): 999 [2024 – 05 – 28]. <https://doi.org/10.3390/nu15040999>.
- [23] HAMILTON J S, KLETT E L. Linoleic acid and the regulation of glucose homeostasis: A review of the evidence [J/OL]. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2021, 175: 102366 [2024 – 05 – 28]. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2021.102366>.
- [24] ZHU P, FAN L, YAN X, et al. Advances of α – linolenic acid: Sources, extraction, biological activity and its carrier [J/OL]. Trends Food Sci Technol, 2024, 152: 104676 [2024 – 05 – 28]. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104676>.
- [25] SURYAMAN I, SINDHU R, SINGH I. Phytosterols: Physiological functions and therapeutic applications [M]// Bioactive food components activity in mechanistic approach. Amsterdam: Elsevier, 2022: 223–238.
- [26] 唐娜. 不同油脂对高脂饮食小鼠糖脂代谢的影响[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2019.
- [27] 韩军花, 杨月欣, 冯妹元, 等. 中国常见植物食物中植物甾醇的含量和居民摄入量初估[J]. 卫生研究, 2007, 36(3): 301–305.
- [28] 王舒舒, 张幸, 吴正章, 等. 植物甾醇酯合成研究进展[J]. 生物加工过程, 2023, 21(2): 210–219, 236.
- [29] GALLI F, AZZI A, BIRRINGER M, et al. Vitamin E: Emerging aspects and new directions[J]. Free Radic Biol Med, 2017, 102: 16–36.
- [30] 杨波涛, 陈凤香, 莫文莲, 等. 我国食用植物油维生素 E 含量研究[J]. 粮油加工, 2009(9): 52–55.

(上接第 103 页)

加工点不具备“三废”处理能力,而随着下游生物质燃料市场对 UCO 品质的要求越来越高,过滤、除杂等处理产生的“三废”处理难度越来越大,造成乱排乱放现象频发,持续引起执法部门关注。建议大规模 UCO 加工厂在建设过程中申请“资源回收企业认定”资质和“危废收集经营许可”资质,通过“反向开票”方式解决原料发票问题,保障企业享受“资源综合利用产品增值税即征即退 70%”的政策优惠。

6 展 望

目前我国废弃食用油脂规范化回收率远低于欧盟国家,亟需建立标准化、集中化的回收网络以提高原料供应的稳定性。在全球生物质燃料政策的驱动下,UCO 需求快速增长,但我国 UCO 利用仍以粗加工出口为主,亟需延伸产业链,发展高附加值产品(如 HVO、生物航煤等)。此外,我国急需完善 UCO 行业标准与监管机制,并加大财税支持,鼓励企业进

行技术升级,推动从 UCO 原料出口国向高附加值产品制造国转型。通过政策引导建设区域性 UCO 精炼中心,集成预处理、酯化/加氢等先进工艺,提升产品质量与经济性,同时配套数字化溯源体系保障原料合规性。

未来,随着碳中和进程加速,UCO 加工业有望成为循环经济的关键环节,需要政府、企业、科研机构多方协作,共同解决废弃食用油脂回收、加工技术、政策等方面的瓶颈问题,以实现行业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 郭晚,陈道勇. 废弃油脂的综合利用现状[J]. 石油化工应用, 2009, 28(5): 4–6.
- [2] 姜加群. 浅谈废弃食用油脂的危害与资源化利用[J]. 资源环境, 2015, 32(12): 231.
- [3] 赵檀,张丽,冯成江,等. 第二代生物柴油的研究现状与展望[J]. 现代化工, 2011, 31(5): 7–9.