

航空煤油生产工艺技术进展

王 勇

中石化股份有限公司天津分公司炼油部联合三车间 天津 300270

摘 要：航空煤油生产工艺技术近年来取得显著进展。传统加氢精制技术不断优化，液相加氢技术提高了反应效率，降低了能耗。同时，生物航煤技术成为重要趋势，利用可再生资源生产航煤，减少碳排放。此外，氢能技术、燃料电池技术也展现出应用潜力。这些新技术不仅提高了航空煤油的生产效率和环保性能，还降低了生产成本，有助于实现航空煤油行业的可持续发展。

关键词：航空煤油；生产工艺；技术进展

引言：航空煤油生产工艺技术进展对于航空运输业的可持续发展具有重要意义。随着全球航空业的快速发展，航空煤油需求持续增长，环保要求也日益提高。因此，探索更高效、更环保的航空煤油生产工艺技术成为行业发展的关键。本文将综述近年来航空煤油生产工艺技术的最新进展，旨在为相关企业提供参考和借鉴，推动航空煤油行业的技术创新和可持续发展。

1 现有航空煤油生产工艺

1.1 加氢精制技术

加氢精制技术是目前航空煤油生产中最常用的一种技术，它通过加氢反应去除原料中的杂质，提高油品的品质和稳定性。（1）常规滴流床加氢技术。常规滴流床加氢技术是一种成熟且广泛应用的加氢工艺。该技术利用滴流床反应器，使原料油与氢气在催化剂的存在下进行反应。在反应过程中，原料油中的硫、氮、氧等杂质被加氢脱除，从而得到高质量的航空煤油。滴流床反应器具有气液并流向下、床层压降小、传热传质效果好等优点，使得该技术在加氢精制过程中表现出色。（2）液相航煤加氢技术。液相航煤加氢技术是一种新兴的加氢工艺，相较于常规滴流床加氢技术，它具有更高的加氢效率和更低的能耗。国外，如杜邦公司，已经开发出了先进的液相航煤加氢技术。而在国内，中石化（大连）石油化工研究院有限公司（FRIPP）也成功开发了具有自主知识产权的航煤液相加氢技术。该技术采用液固两相反应，省去了气液传质步骤，使得反应更加高效。此外，FRIPP技术还可以根据原料特点和氢气管网的设置情况，采用灵活的进料方式，进一步提高了生产效率。（3）加氢精制技术的优缺点。加氢精制技术的优点在于能够显著提高油品的品质和稳定性，同时降低硫、氮等有害物质的含量。然而，该技术也存在一些缺点，如设备投资大、操作复杂以及加氢反应过程中可能会产生一

些副产物等^[1]。

1.2 非加氢技术

非加氢技术主要包括吸附剂的使用、（酸）碱精制技术、催化氧化技术以及煤基费托合成技术。（1）颗粒白土、活性炭等吸附剂的使用。通过使用颗粒白土、活性炭等吸附剂，可以有效地去除原料油中的杂质和有害物质。这种方法具有操作简单、成本低等优点，但在处理过程中可能会产生大量的废料和污染物。（2）（酸）碱精制技术。（酸）碱精制技术是一种利用酸碱反应去除原料中杂质的方法。虽然该方法能够去除一些有害物质，但由于其反应条件较为苛刻，处理过程中可能会产生大量的废液和废气，对环境造成污染。（3）催化氧化技术。催化氧化技术是在催化剂的作用下，利用空气中的氧气将原料中的有害物质转化为无害物质。然而，该方法在处理过程中可能会产生一些难以处理的副产物，且对原料的适应性较差。（4）煤基费托合成技术。煤基费托合成技术是一种利用煤炭资源合成航空煤油的方法。虽然该技术能够在一定程度上缓解石油资源的短缺问题，但其生产成本较高且产品链烷烃含量较高，需要进行异构化处理才能满足航空煤油的标准。

1.3 煤油共炼技术

煤油共炼技术是一种将煤与石油原料共同加工生产航空煤油的新型工艺。它结合了煤炭的丰富资源和石油产品的优良性能，为航空煤油的生产提供了一种新的思路。（1）煤油共炼技术的原理与工艺。煤油共炼技术的基本原理是将煤先经过气化或热解转化为气体或液体燃料，再与石油原料进行共炼。在共炼过程中，煤转化得到的气体或液体燃料与石油原料在催化剂的作用下进行加氢裂化、加氢异构化等反应，生成符合航空煤油标准的燃料。工艺上，煤油共炼技术通常包括煤的气化或热解、气体净化与调整、共炼反应以及产品分离与精制等

步骤。其中，煤的气化或热解是关键步骤之一，它决定了煤转化产物的质量和数量。而共炼反应则是将煤转化产物与石油原料进行加氢裂化、加氢异构化等反应，生成高品质的航空煤油。（2）优点与挑战。煤油共炼技术的优点在于能够充分利用煤炭资源，减少对石油的依赖，并降低生产成本。同时，该技术还能够生产出高品质的航空煤油，满足航空器的性能需求。然而，煤油共炼技术也面临一些挑战。首先，煤的气化或热解过程需要消耗大量的能源和水资源，且产生的废气、废水和固废处理难度较大。其次，共炼反应过程中可能会产生一些难以处理的副产物，如焦炭、沥青质等，这些副产物的处理也是一大难题。此外，煤油共炼技术还需要进一步的研究和优化，以提高生产效率、降低能耗和减少环境污染。

2 航空煤油生产工艺新技术进展

2.1 生物航煤技术

（1）生物航煤的定义与优势。生物航煤是以生物质资源为原料，通过特定工艺转化而成的航空煤油。它主要来源于可再生资源，如农作物残余物、林业废弃物、藻类、动植物油脂等。与传统石油基航空煤油相比，生物航煤具有诸多优势，如原料来源可再生、杂质含量低、全生命周期二氧化碳排放量减少50%以上等。这些优势使得生物航煤成为航空煤油领域的新星，有助于推动航空业的绿色转型。（2）生产工艺。生物航煤的生产工艺多种多样，主要包括醇制航煤、油制航煤、气制航煤和糖制航煤等。醇制航煤主要以生物质醇为原料，通过加氢脱氧、加氢裂化等反应制备而成。油制航煤则利用动植物油脂、餐饮废油等油脂类生物质资源，经过预处理、加氢精制等步骤得到。气制航煤则是将生物质气化后，通过费托合成等工艺转化为航煤。糖制航煤则是利用生物质中的糖类物质，通过微生物发酵等过程制备得到^[2]。（3）实验研究。在实验研究方面，以小桐子油为例，研究者对其催化性能进行了深入研究。小桐子油是一种优质的生物柴油原料，通过特定的催化剂和工艺条件，可以将其转化为性能优良的航空煤油。实验结果表明，采用适宜的催化剂和工艺参数，小桐子油的催化转化效率显著提高，且产品符合航空煤油的质量标准。

（4）生物航煤的实际应用与前景。目前，生物航煤已经在全球范围内得到了广泛应用。例如，中国石化镇海炼化公司利用餐饮废油（俗称“地沟油”）作为原料，成功炼制出了生物航煤，并在飞机上进行了成功试飞。这一成果标志着中国在生物航煤领域取得了重大突破，为生物航煤的商业化应用奠定了坚实基础。未来，随着技

术的不断进步和成本的降低，生物航煤有望在航空煤油市场中占据更大的份额。

2.2 催化与催化剂技术

（1）新型催化剂的研发。在催化与催化剂技术方面，新型催化剂的研发是推动航煤生产技术进步的关键。例如，Pt/HPMo-MCM-22催化剂是一种具有优异加氢性能的新型催化剂，适用于生物航煤的加氢精制过程。通过优化催化剂的制备方法和工艺条件，可以进一步提高其催化活性和稳定性，从而提高生物航煤的产量和质量。（2）催化剂性能提升的关键技术。催化剂性能的提升主要依赖于其制备方法的改进和工艺条件的优化。通过采用先进的制备技术，如溶胶-凝胶法、共沉淀法等，可以制备出具有高比表面积和良好分散性的催化剂。同时，通过优化工艺条件，如反应温度、压力、空速等，可以进一步提高催化剂的活性和选择性，从而实现航煤的有效催化转化。（3）催化剂在航煤生产中的应用与挑战。催化剂在航煤生产中扮演着重要角色，其性能直接影响产品的质量和生产效率。然而，催化剂在航煤生产中也面临着一些挑战。例如，原料中的杂质和催化剂的失活等问题都会对催化效果产生负面影响。因此，需要不断研发新型催化剂和改进现有催化剂的性能，以应对这些挑战。同时，催化剂的再生和回收也是当前研究的热点之一，通过采用适宜的再生和回收技术，可以实现催化剂的循环利用，降低生产成本，提高资源利用率^[3]。

2.3 可持续航煤的碳中和路径

（1）碳减排技术与方法。为了实现碳中和目标，可持续航煤的碳减排技术与方法显得尤为重要。这主要包括提高原料的转化效率、优化生产工艺、加强废弃物的回收利用等方面。通过采用先进的生产技术和设备，可以显著降低生产过程中的能耗和碳排放。同时，加强废弃物的回收利用也可以实现资源的循环利用和减少环境污染。（2）可持续航煤在碳中和目标中的作用。可持续航煤作为低碳环保的航空煤油替代品，在碳中和目标中发挥着重要作用。通过推广使用可持续航煤，可以显著减少航空业的碳排放量，推动航空业的绿色转型。同时，可持续航煤的研发和应用还可以促进生物质资源的高效利用和农业废弃物的资源化利用，有助于实现循环经济和可持续发展^[4]。（3）各国政策与标准对生物航煤的支持。为了推动生物航煤的研发和应用，各国政府纷纷出台了相关政策和标准。这些政策和标准不仅为生物航煤的生产和使用提供了法律保障和技术指导，还为其商业化应用提供了有力支持。例如，美国政府通过提供税收抵免和生产补贴等方式，鼓励企业投资生物航煤项

目；欧盟则要求航空公司在一定期限内实现生物航煤的替代比例，以推动其商业化进程。

3 航空煤油生产工艺未来发展趋势与挑战

3.1 技术进步与成本降低

(1) 提高生产效率与降低生产成本的关键技术。随着科技的不断进步，提高生产效率与降低生产成本已成为航空煤油生产工艺发展的主要趋势。一方面，新型催化剂和高效反应器的研发将极大提升转化效率，减少能源消耗。例如，通过精确调控催化剂的结构和组成，可以显著提高加氢裂化和加氢精制过程中的活性与选择性，进而提升航煤的产率和质量。另一方面，自动化和智能化技术的应用也将进一步优化生产流程，降低操作成本和人工成本。(2) 生物航煤与化石航煤的成本对比。尽管生物航煤在环保方面具有显著优势，但其生产成本相对较高，这是限制其大规模应用的主要瓶颈。当前，生物航煤的原料收集、预处理、转化及提纯等环节的成本均高于化石航煤。然而，随着技术的不断进步和规模效应的显现，生物航煤的成本有望逐渐降低。同时，政策支持和市场需求增长也将推动生物航煤产业链的完善，进一步降低成本。

3.2 政策与法规

(1) 国际民航组织对可持续航煤的政策要求。国际民航组织(ICAO)已将推动可持续航煤的发展纳入其战略规划，通过制定相关政策和标准，鼓励各国航空公司和机场使用低碳环保的航空煤油。ICAO的政策要求旨在促进全球航空业的绿色发展，减少碳排放，以应对气候变化带来的挑战。(2) 各国政府的推动与支持措施。为了响应ICAO的号召，各国政府纷纷出台了一系列推动和支持可持续航煤发展的政策和措施。这些政策包括税收优惠、资金补贴、研发支持以及市场推广等，旨在降低可持续航煤的生产成本，加速其商业化进程。此外，政府还通过制定行业标准和监管机制，确保可持续航煤的质量和安全性。

3.3 市场需求与供应链

(1) 航空煤油市场需求变化。随着全球航空业的快速发展，航空煤油市场需求持续增长。然而，面对气候变化的严峻挑战，航空煤油市场正在经历从传统化石航

煤向可持续航煤的转变。这一转变将推动航空煤油生产工艺的创新和升级，以满足市场对低碳环保产品的需求。(2) 可持续航煤供应链的构建与优化。构建和优化可持续航煤供应链是实现其大规模应用的关键。这包括原料收集、加工转化、运输配送以及市场销售等各个环节的协同和优化。通过加强供应链各环节的合作与沟通，可以实现资源的合理配置和高效利用，降低生产成本，提高市场竞争力。

3.4 环境保护与可持续发展

(1) 航空煤油生产的环境影响。传统化石航煤的生产和使用过程对环境产生了严重影响，包括温室气体排放、空气污染和水资源消耗等。为了减轻这些环境影响，必须加快推动航空煤油生产工艺的绿色转型。(2) 可持续航煤对环境保护的贡献。可持续航煤以其低碳环保的特点，对环境保护具有显著贡献。通过减少温室气体排放和空气污染物的产生，可持续航煤有助于改善大气环境质量，降低对气候变化的负面影响。同时，可持续航煤的生产还促进了生物质资源的高效利用和农业废弃物的资源化利用，有助于实现循环经济和可持续发展目标。

结束语

随着全球对环保和可持续发展的日益重视，航空煤油生产工艺技术的创新与发展显得尤为关键。本文综述了当前航空煤油生产工艺的主要进展，包括传统技术的优化和新技术的涌现。未来，航空煤油生产将更加注重新能源减排、资源高效利用和环境保护。我们期待更多创新技术的出现，为航空煤油行业的绿色发展贡献力量，共同推动全球航空业的可持续发展进程。

参考文献

- [1]李坤鹏,代萌,张瀚.航空煤油生产工艺技术进展[J].当代化工,2023,(06):46-47.
- [2]翟岩亮,路香港,张健.合成气制航空煤油工艺催化剂进展[J].化工科技,2021,(05):51-52.
- [3]魏颖,潘峰,王鹏波等.航空煤油精制工艺的产污对比及防治措施[J].化工环保,2019,(03):22-23.
- [4]刘强,邱敬贤,彭芬等.生物航空煤油的研究进展[J].再生资源与循环,2018,(05):40-42.