

[零碳录·焦点议题]

中国可持续航空燃料发展进程 与展望

/ 绿色创新发展研究院 / 2024年12月



报告作者

袁雅婷 绿色创新发展研究院 分析师 yuanyating@igdp.cn

免责声明

本报告内容和观点仅代表作者的个人理解和观点，旨在加强相关领域的讨论交流，不代表支持方、作者所属机构、调研专家学者的立场和观点。本报告内容采用数据和信息均来自公开的信息和渠道，我们力求准确和完整，但难免偶有疏漏，敬请谅解并指正。

引用建议

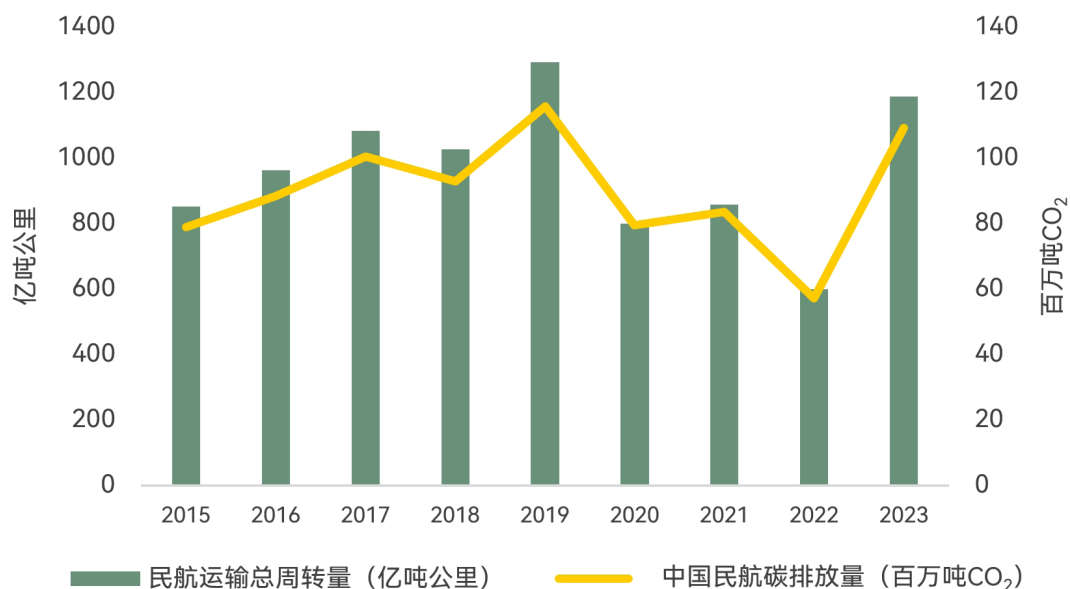
袁雅婷 . 2024. 零碳录焦点议题：中国可持续航空燃料发展进程与展望 . 工作论文 . 北京：绿色创新发展研究院 .

中国航空业碳排放控制对实现“双碳”目标和全球航空业减排具有重大意义

随着后疫情恢复期航空出行需求的显著增加，2022 年全球航空业的碳排放量约 8 亿吨二氧化碳¹，相当于新冠疫情前水平的 80%。航空业排放约占全球能源相关二氧化碳排放的 2%²，且近几十年增速显著高于公路、铁路和水运等其他运输方式。

中国作为全球第二大航空市场，其航空排放量持续增长。受新冠疫情影响，2020 年至 2022 年期间中国航空业碳排放量有所下降，但随着 2023 年民航运输周转量的恢复，航空排放量快速反弹（见图 1）。当前，中国民航碳排放约占全国碳排放总量的 1%³。鉴于中国航空业务将整体处于快速增长阶段，尤其是在国内和国际客运航线需求持续增加的背景下，其未来碳排放量预计将保持上升态势。这一趋势反映了航空业在国家碳中和目标实现过程中面临的独特挑战与压力。

图 1 中国民航周转量和碳排放量（2015–2023 年）



来源：笔者根据《中国民航行业发展统计公报》公开的周转量、航油油耗数据和每年度航油碳排放因子计算整理

中国航空业在国际上面临的碳减排压力也在不断增加。2019 年，中国航空业碳排放占全球航空业排放总量的 11%，是全球第二大航空领域碳排放国家⁴。根据国际民用航空组织（International Civil Aviation Organization, ICAO）的要求，中国将于 2027 年正式参与国际航空碳抵消和减排计划（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA），该计划旨在将全球国际航线运输碳排放控制在 2019 年水平的 85% 以下⁵，超出部分的碳排放必须由航空公司通过购买其他部门的碳减排量进行抵消。

¹ Aviation Tracking, IEA, Link: <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation#tracking>

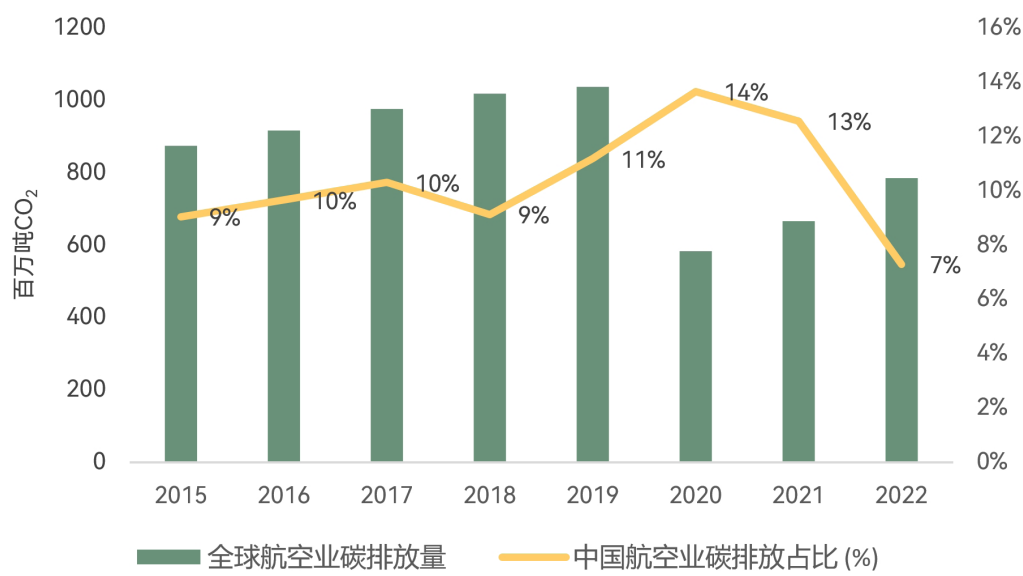
² Aviation Tracking, IEA, Link: <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation#tracking>

³ 牛宇峰，“双碳”战略目标下民航业发展路径探析. (2023).《民航管理》（2023 年第 4 期）

⁴ CO₂ emissions from commercial aviation: 2013, 2018, and 2019, ICCT, Link: <https://theicct.org/publication/co2-emissions-from-commercial-aviation-2013-2018-and-2019/>

⁵ COVID-19 impacts and 2022 CORSIA periodic review, ICAO, Link: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-and-Covid-19.aspx>

图2 中国航空业占全球航空碳排放比例(2015-2022年)



来源：笔者按照 IEA 和《中国民航行业统计公报》数据计算整理

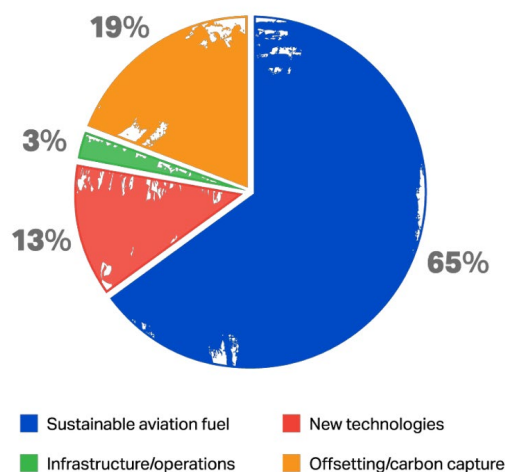


可持续航空燃料是航空业实现脱碳最为可行的解决方案

为应对航空领域日益严峻的碳减排挑战，全球航空业制定了积极的减排目标。2021 年，国际航空运输协会（International Aviation Transportation Alliance, IATA）承诺，到 2050 年全球航空业将实现净零排放⁶。这一目标推动了多项减排措施的实施，包括开发新型航空器技术以提高机身能效、探索纯电动飞机和氢动力飞机的应用、优化机场运营及基础设施效率，以及大规模推广可持续航空燃料（Sustainable Aviation Fuel, SAF）。根据 IATA 的分析，到 2050 年，可持续航空燃料预计将贡献全球航空业高达 65% 的减排量⁷，是实现净零排放目标的核心技术路径之一。

纯电动或氢动力飞机虽然具备显著的减排潜力，但目前技术仍不成熟，尚不足以支撑长距离的航空飞行，且能量密度都难以与化石燃油相提并论。相比之下，可持续航空燃料在整个全生命周期内的碳排放量与传统航油相比可减少 80% 以上，具体减排效果取决于所采用的生产工艺和原料路径⁸。更重要的是，可持续航空燃料可与传统航油按照一定比例混合使用，无需对现有飞机发动机进行改造，并与当前的存储和加油基础设施兼容。因此，长期来看，可持续航空燃料被认为是航空业实现零碳转型最具可行性的解决方案。

图 3 全球航空业实现 2050 年净零排放目标技术路径的减排贡献预测



来源：IATA

可持续航空燃料（SAF）是指符合航空适航标准及航空燃料可持续性评价标准的先进航空燃料⁹，主要通过各种可持续重复获得的原料（如废弃生物质、非粮食作物或合成原料），经化学反应转化为液体碳氢化合物制成。SAF 的原料来源广泛，包括废弃食用油脂、城市固体废弃物、农林废弃物，以及非粮食作物（如糖类作物甘蔗等）。

⁶ Our Commitment to Fly Net Zero by 2050, IATA, Link: <https://www.iata.org/en/programs/sustainability/flynetzero/>

⁷ Net Zero 2050: sustainable aviation fuels, IATA, Link: <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/>

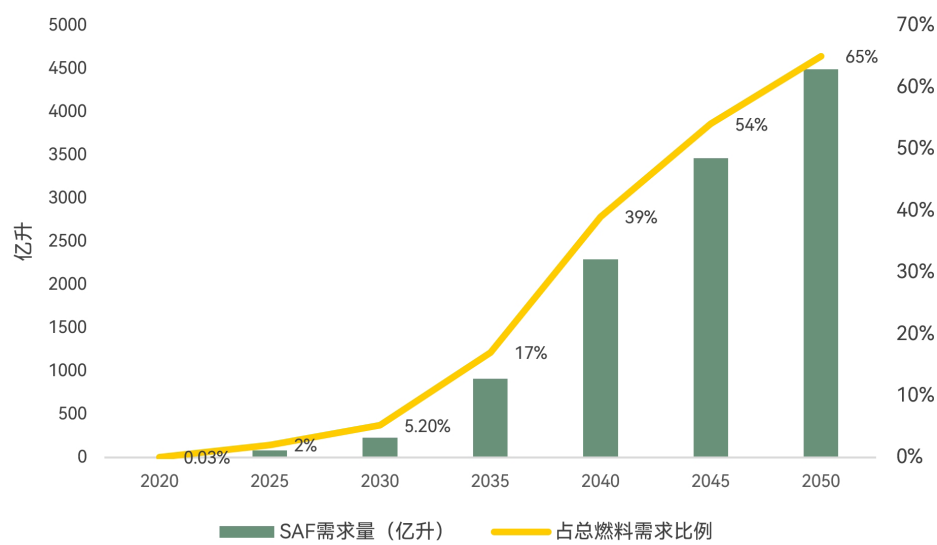
⁸ Net Zero 2050: sustainable aviation fuels, IATA, Link: <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/>

⁹ 参考《“十四五”民航绿色发展专项规划》中的可持续航空燃料定义。

SAF 的可持续性体现在全生命周期的碳排放表现上，其生产过程中（如废弃生物质生长阶段）所吸收的 CO₂ 通常超过燃料使用阶段的 CO₂ 排放。此外，SAF 原料不与粮食作物争夺土地资源，也不会引发森林退化或生物多样性损失等生态问题。

根据 IATA 的规划¹⁰，SAF 的需求量将呈现快速增长趋势：从 2020 年的 6300 万升（约 5 万吨），预计增至 2025 年的 79 亿升（约 630 万吨），并在 2050 年达到 4490 亿升（约 35830 吨）。2023 年，全球 SAF 产量已超过 50 万吨，比 2022 年的 25 万吨翻了一番。预计 2024 年，SAF 产量将再次翻倍至 150 万吨，占航空燃料总需求的 0.53%¹¹。虽然 SAF 产量年均翻倍增长，但目前仍然面临全球供给短缺的挑战。以 2025 年的全球市场需求为参考，预计 SAF 的供应将与目标值（630 万吨）存在约 500 万吨缺口。

图 4 IATA 规划的全球 SAF 需求量



来源：IATA



¹⁰ Net-Zero Carbon Emissions by 2050, IATA, Link: <https://www.iata.org/en/pressroom/pressroom-archive/2021-releases/2021-10-04-03/>

¹¹ SAF Volumes Growing but Still Missing Opportunities, IATA, Link: <https://www.iata.org/en/pressroom/2023-releases/2023-12-06-02/>

全球共有四种 SAF 生产技术路线具有商业化发展前景

在产品质量和安全性方面，SAF 产品需要通过美国材料与试验协会（ASTM）标准认证，方可与传统航油直接掺混使用。目前，SAF 的掺混比例一般限制在 5%-50% 之间，具体比例取决于原料来源和燃料生产工艺。截至 2023 年 7 月，ASTM 已批准 11 种 SAF 生产技术路线¹²，其中四种技术路线被认为具有较大的商业化发展潜力，包括酯类和脂肪酸类加氢工艺（Hydroprocessed Esters and Fatty Acids, HEFA）、费托合成工艺（Gas+ Fischer-Tropsch, FT 或 G+FT）、醇喷合成工艺（Alcohol to Jet, AtJ），以及不受生物原料限制，碳减排潜力巨大，但尚未被 ASTM 认定的电转液工艺（Power to Liquid, PtL）。

表 1 SAF 四种最具商业化发展技术路线

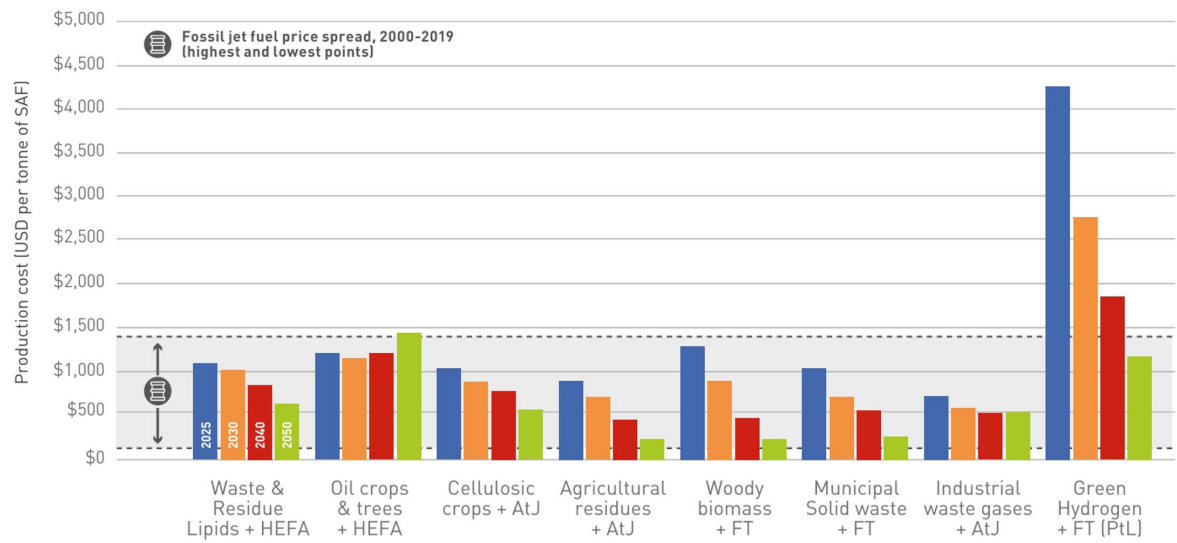
技术路线	基本原理	原料	技术成熟度	减排潜力
HEFA	将动植物油、废弃油脂通过氢化加工提炼成 SAF	动物油 植物油 餐饮废弃油 藻类植物	成熟	LCA 温室气体排放量较化石燃料减少 73%~84%
G+FT	将含碳材料以合成气形式分解，再组合成 SAF	农林废弃物 城市固废 工业废弃物	商业化试点示范	LCA 温室气体排放量较化石燃料减少 85%~94%
AtJ	将淀粉、木质纤维素等糖类原料通过发酵产生醇类物质，再经过脱水低聚、加氢转化及蒸馏转化成 SAF	玉米 甘蔗 糖浆 农林废弃物	商业化试点示范	LCA 温室气体排放量较化石燃料减少 85%~94%
PtL	通过可再生电力水解制氢，并与 CO ₂ 合成转化成碳氢化合物燃料，再转化成 SAF	可再生能源电力 CO ₂ （通过直接空气捕获技术）	研发阶段	LCA 温室气体排放量较化石燃料减少 99%~100%

来源：根据 IATA 材料整理

目前只有 HEFA 路线较为成熟且具备较大规模的规划产能，是当前最具商业化推广前景的技术路线。预计在 2030 年前，HEFA 路线仍将占据 SAF 市场的主导地位。然而，由于受限于原料供应的局限性，整体产能的增长速度难以实现大幅提升。G+FT 和 AtJ 路线得益于原料来源的多样性，在技术逐渐成熟和规模化生产带动成本下降的背景下，其市场份额有望在 2030 年至 2050 年间逐步扩大。从长期来看，PtL 路线被认为是航空业实现近乎零排放的理想技术方案。理论上，PtL 工艺在全生命周期内可实现 99%-100% 的温室气体减排。然而，该路线目前仍处于技术开发阶段，距离完全商业化尚有较长的道路。若能够获得强有力的政策支持，例如推动绿电制氢和直接空气捕获等技术的成本下降，PtL 路线的经济型和可行性将显著提升，预计在 2050 年后成为 SAF 市场的主流选择。

¹² Conversion process, ICAO, Link: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>

图 5 可持续航空燃料成本预测（2025-2050 年）



来源：Air Transport Action Group (ATAG)

然而，通过 ASTM 标准认证的燃料产品仅能确保其在质量和安全性方面符合航空使用要求，但并不直接证明其具备可持续性。可持续航空燃料产品仍需满足国际认可的可持续标准认证，例如国际可持续发展与碳认证体系（International Sustainability & Carbon Certification, ISCC）和可持续生物材料圆桌会议（Roundtable on Sustainable Biomaterials, RSB）。这些认证体系要求对 SAF 产品进行全生命周期分析，以量化其在整个生产和使用过程中的温室气体减排效果。



中国提出 SAF 使用量化目标，明确发展和应用 SAF 助力中国民航碳减排

中国 SAF 政策目前主要侧重于鼓励措施，尚未对航空公司或燃料供应商施加强制性的掺混比例要求，也没有出台明确的 SAF 产业发展的时间规划。近年来，中国相继发布《“十四五”民用航空发展规划》、《“十四五”民航绿色发展专项规划》和《“十四五”可再生能源发展规划》等政策文件，对航空碳减排工作提出总体部署。其中，中国民用航空局（简称“民航局”）提出力争到 2025 年，实现 SAF 累计消费量达 5 万吨的引导性目标，该目标相对保守，但明确了 SAF 作为碳减排关键手段的战略方向。2023 年，由多部门联合发布的《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035 年）》进一步提出，到 2025 年实现 SAF 在国产民用飞机上的示范应用，到 2035 年新能源航空器成为行业发展主流。虽然目前中国尚未强制要求使用 SAF，但作为 ICAO 成员国，中国需遵循 COSIA 计划，即从 2027 年起，国际航班燃料需强制添加 2% 的 SAF。同时，民航局也在积极研究 SAF 发展目标，探索到 2035 年 SAF 使用比例达到 10%、到 2050 年达到 50% 的可能性¹³。2024 年 7 月，中国民用航空局第二研究所可持续航空燃料发展研究中心正式揭牌成立，该中心专注于深入研究 SAF 生产技术路线，建立中国自主的航空燃料可持续认证体系¹⁸。在“双碳”目标的支撑下，作为航空业的新质生产力，SAF 的规模化应用在中国航空运输碳减排中的作用正得到越来越多的重视。

在 SAF 可持续性标准方面，民航局于 2023 年 7 月起草了《航空替代燃料可持续性要求（征求意见稿）》，提出逐步建立符合国际标准且适应中国国情的 SAF 可持续性标准认证体系，明确了 SAF 温室气体减排阈值为 10%。

表 2 中国可持续航空燃料相关政策

时间	文件名称	主要目标
2023.10.10	《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035 年）》	到 2025 年，使用可持续航空燃料的国产民用飞机实现示范应用，到 2035 年，新能源航空器成为发展主流；完善可持续航空燃料适航审定方法。
2023.07.12	《航空替代燃料可持续性要求（征求意见稿）》	编制满足国际通用要求并符合中国国情的航空替代燃料可持续性标准，将可持续航空燃料温室气体减排设定为 10%。
2022.06.01	《“十四五”可再生能源发展规划》	积极发展纤维素等非粮燃料乙醇，支持生物柴油、生物航空煤油等领域先进技术装备研发和推广使用。
2021.12.21	《“十四五”民航绿色发展专项规划》	力争到 2025 年，可持续航空燃料累计消费量达 5 万吨。
2021.12.14	《“十四五”民用航空发展规划》	推进可持续航空燃料常态化应用试点示范，加快推进技术、人才、标准等战略能力储备。
2021.10.24	《2030 年前碳达峰行动方案》	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。

来源：根据政府公开政策文件整理

¹³ 深读 | SAF，航空业减排的“牛鼻子”，中国环境报，链接：<http://www.tanjiaoyi.com/article-47429-1.html>

中国 SAF 商业化处于起步阶段，以 HEFA 为主要 SAF 生产路线，PtL 路线研发示范步伐加快

目前，中国成熟的 SAF 制备工艺主要采用 HEFA 生产技术路线，预计到 2027 年，中国的 SAF 年产能将达到约 100 万吨¹⁴。在 G+FT 和 AtJ 方面，中国尚不具备优势，缺乏相关的技术储备和研发基础。PtL 正处于研发阶段，但其高成本使得当前尚无法提供有效的供应。现阶段，已有三家企业获得民航局适航批准并投入商业生产，分别为中石化镇海炼化、易高环保能源科技有限公司和君恒实业集团生物科技有限公司，已建成的 SAF 年产能约为 30 万吨。同时，当前中国拟建和在建的 SAF 项目年产能规模已超过 400 万吨。然而，尽管中国已提出到 2025 年 SAF 累计消耗量达 5 万吨的目标，但如果按照 IATA 提出的 SAF 掺混比例（即 2030 年达到 5%），预计到 2030 年中国的 SAF 需求量将达到 300 万吨 / 年¹⁵，但目前产能只有 30 万吨左右。

表 3 中国 SAF 规划产能

	生产商	技术路线	SAF 年产能（万吨）	产地
已投产	中石化镇海炼化	HEFA	10	浙江宁波
	易高环保	HEFA	10	江苏张家港
	君恒生物	HEFA	13.7	河南濮阳
尚未投产/规划阶段	嘉澳环保	HEFA	10	江苏连云港
	四川金尚	HEFA	30	四川遂宁
	东华能源	HEFA	100	广东茂名
	海科化工	HEFA	50	山东
	天舟通航	HEFA	50	四川内江
	亿利集团	PtL	30	阿拉善乌兰布和
	上海岚泽	G+FT	20	河北曲阳
	国家电投与国泰航空	PtL	20-40	暂未公布
	中能建	PtL	100	黑龙江双鸭山

来源：根据企业官网和相关公开报道整理

中国 HEFA 技术路线的原料主要来于餐饮废弃油（俗称“地沟油”）。中国餐饮废弃油的潜在供应量超过 1300 万吨 / 年，但目前大部分餐饮废弃油经过预处理后被出口到欧洲等地区。由于餐饮废弃油来源分散，且收集和运输成本较高，因此将其用作 SAF 原料具有较强的地域性限制。

作为 PtL 生产技术路线的原料，可再生发电资源在中国发展迅速，特别是在绿氢供给方面具有巨大潜力，但由于合成燃料生产环节较多，且工艺效率有限，导致合成燃料生产成本偏高。目前，国家和地方层面已制定了明确的氢能产业发展规划，全国范围内已有多个合成燃料项目正处于部署阶段。2023 年，国家电投与国泰航空联手推出中国首个绿氢合成 SAF 项目，拉开了国内绿氢合成 SAF 时代的帷幕。国家电投已在新疆塔城启动了 120 万千瓦风电制氢合成万吨 SAF 的示范项目，该项目同时有助于实现新疆本地可再生电力资源本地消纳最大化。2024 年 5 月，中国能源建设集团有限公司（简称“中能建”）与双鸭山市人民政府签订百万吨 SAF 生产基地项目投资合作协议，规划年产 100 万吨 SAF。

¹⁴ 中国可持续航空燃料进展，第三次航空与代用燃料会议（CAAF/3）
¹⁵ 国内外可持续航空燃料发展现状研究及相关政策建议，康艳兵，见《中国能源》（2024 年第 6 期）

表 4 中国 SAF 研发示范项目

时间	SAF 技术路线	主要进展与目标
2024.05	PtL	中能建双鸭山市生物质绿色甲醇及 SAF 一体化项目签约，规划年产 100 万吨绿色甲醇及 SAF，配套建设航煤工厂、风电场、光伏电站、制氢储氢设施等。
2024.03	PtL	中能建与吉林市人民政府签订绿色甲醇与 SAF 一体化项目投资合作协议，该项目计划年产 20 万吨绿色甲醇和 10 万吨 SAF。
2023.12	G+FT	上海岚泽能源于河北省保定市曲阳县计划年产 20 万吨 SAF 项目，该项目将进行 SAF 生产基地建设。
2023.12	PtL	齐齐哈尔万吨级 SAF 示范项目启动，采用国际首创的清华大学 CO ₂ AF 专利技术，是目前国内较大规模的交流离网制氢项目，可实现年产 1 万吨 SAF。
2023.11	PtL	中能建白城市可再生绿色能源一体化项目签约，计划建设年产 30 万吨 SAF 和 30 万吨绿色甲醇的生产基地。
2023.10	PtL	亿利集团阿拉善乌兰布和 350 万千瓦立体风光氢治沙取航空燃料一体化示范项目，实施亿利阿拉善基地 100 万亩锁边林带+3.5GW 立体生态风光氢治沙+30 万吨 SAF 项目。项目建成后，每年可增加收入 58 亿元。
2023.09	PtL	黑龙江省杜尔伯特风光制氢制航煤项目签约，项目总结规划国内领先的百万千瓦级“绿电（风光）+绿氢+SAF”一体化绿色创新示范项目、1.2GW 风光新能源制氢及 15 万吨 SAF 项目。
2023.08	PtL	吉电股份氢基绿色能源产品总规模，预计到 2030 年达到年产 80 万吨绿色甲醇和 30 万吨 SAF。
2023.07	PtL	国电投塔城 120 万千瓦风电制氢合成 SAF 项目签约，项目计划在新疆塔城建设 120 万千瓦风电，制取绿氢后将绿氢转化为高附加值的 SAF。该项目关键技术和装备完全自主化，建成后将成为全球首个二氧化碳和绿氢合成万吨级 SAF 示范工程。
2023.04	AtJ	霍尼韦尔在天津港保税区建设华北 SAF 生产基地标杆项目，在中国正式启动使用乙醇制喷气燃料工艺技术。该项技术利用玉米基、纤维素基或糖基乙醇原料生产 SAF，以解决地沟油等传统 SAF 原料供应不足等问题。

来源：根据企业官网和相关公开报道整理

中国 SAF 尚无规模化应用，“十四五”期间国内多家航空公司在商业航班积极试点加注国产 SAF

目前，中国航空公司尚未实现 SAF 的规模化应用，主要原因在于航油成本占航空公司营运成本的 1/3，而 SAF 市场售价约为传统航空燃料的 2-4 倍，这将显著增加航空公司的营运成本，从而削弱了航空公司大规模应用 SAF 的动力。

自“十四五”规划以来，国内航空公司在 SAF 应用方面的探索逐步加速，包括中国国际航空、东方航空、四川航空在内的多家航司均有参加 SAF 试飞或商业飞行活动。2023 年，东方航空共有 24 架次航班加注 SAF，累计加注量达到 37 吨¹⁶。此外，2024 年 6 月 5 日，中国商飞公司旗下的 ARJ21 支线飞机和 C919 大型客机加注由中石化镇海炼化研发生产的 SAF，分别从上海浦东机场和山东东营机场试飞成功，填补了国产 SAF 在国产机型上的应用空白¹⁷。

¹⁶ 《2023 年度社会责任暨 ESG 报告》，中国东方航空集团有限公司

¹⁷ 公司生物航煤与国产商用飞机首次“携手飞天”，中国石化镇海炼化公司，链接：http://zrcc.sinopec.com/zrcc/news/com_news/20240711/news_20240711_526175768489.shtml#:~:text=6%E6%9C%885%E6%97%A5%EF%BC%8C%E5%8A%A0%E6%B3%A8%E5%85%AC%E5%8F%B8%E8%87%AA

表 5 中国 SAF 应用情况

时间	航空公司	具体 SAF 应用描述
2024.07.18	四川航空	首次使用 SAF 执行成都直飞东京国际定期客运航班，首例国内航司采用 SAF 执行的国际定期客运航班。
2023.07.14	中国国航	一架由杭州飞抵北京的航班（空客 A350）加注了 10% 的国产 SAF，实现国内首次宽体机国产 SAF 商业载客飞行。
2023.05.27	东方航空	一架由上海飞往西安的航班上加注了 15% 的 SAF，顺利完成东航首次 SAF 商业应用。
2023.04.27	春秋航空	与空客签署合作备忘录，双方将加强在 SAF 推广应用方面的合作。
2023.03.24	吉祥航空	天津空客交付中心向吉祥航空交付了一架空客 A321neo 飞机，其在交付飞行中使用 10% 的 SAF。
2022.12.15	中国国航	联手中国航油和菜鸟，完成中国大陆首个商业货运航班的飞行（杭州飞往比利时）。
2022.11.23	多彩贵州	由宁波飞往贵阳的航班（空客 A320neo）加注了 10% 的 SAF，完成中国大陆首个 SAF 载客商业航班。
2022.10.20	中国国航	天津空客交付中心向中国国际航空交付了一架空客 A350 飞机，该交付飞行使用 5% 的 SAF。
2022.10.12	东方航空	在位于天津的空客中国交付中心接受一架全新的 A320neo 飞机，并在首次飞行时使用了 5% 的 SAF，这是空客在中国总装的客机首次实现 SAF 交付飞行。
2019.02.28	南方航空	南航一架 A320 飞机使用了 10% 的 SAF 从法国图卢兹飞往广州，实现了中国航司飞机首次使用 SAF 进行交付。
2017.11.22	海南航空	从北京飞往芝加哥的航班加注了 15% 的 SAF，国内首个利用 SAF 的洲际客运航班。
2011.10.28	中国国航	中国国际航空和波音公司实施中国首次 SAF 验证飞行成功。

来源：根据航空公司官网和相关公开报道整理

此外，国家发展改革委与中国民航局于 2024 年 9 月 18 日正式启动可持续航空燃料 SAF 应用试点。根据试点工作安排，自 9 月 19 日起，国航、东航、南航从北京大兴、成都双流、郑州新郑、宁波栎社机场起飞的 12 个航班将正式加注 SAF。



推动中国 SAF 渗透率亟需建立支持政策框架，积极探索适合自身的商业模式，实现燃料扩产降本

作为典型的政策驱动型产业，中国 SAF 发展路径仍不明确，因此亟需出台 SAF 中长期发展的顶层设计。与欧盟和美国明确规定的 SAF 强制性掺混比例要求和可再生燃料在交通领域中能耗占比的应用目标相比，中国政府提出的到 2025 年消费 5 万吨 SAF 的目标仅为引导性目标，并非强制性要求。而这一目标，相较于 2023 年中国航油年消费 3500 万吨，显得过于保守，难以激励以国有企业为主导的航空燃料生产商和航空公司在 SAF 领域做出更大投入。为推动 SAF 产业的发展，中国政府应尽快制定清晰的 SAF 产业中长期发展规划，明确未来目标，如年产量、掺混比例及基础设施建设等，同时出台一系列相关扶持政策，例如发布针对 SAF 生产和消费的补贴政策、碳抵消制度等。

加快建立符合国际标准且适应中国国情的 SAF 可持续认证体系。2023 年，中国民航局编制了《航空替代燃料可持续性要求（征求意见稿）》，该要求涵盖环境、经济和社会可持续性三方面，并评估 SAF 全生命周期的温室气体减排量，同时满足国际标准并考虑国内航空替代燃料发展的实际情况。加快建立可持续标准以及 SAF 全生命周期温室气体排放计算方法，有助于指导 SAF 生产供应链的各利益相关方开展研发应用，同时推进中国 SAF 可持续认证体系与国际认证体系互通，简化认证流程和缩短认证周期，利于中国 SAF 产品走向国际市场。

中国 SAF 原料供应多元化，应多种生产技术路径相结合发展，PtL 生产技术路线尽快取得技术突破。中国 SAF 原料供给应因地制宜，比如川渝地区饮食习惯会产生大量的废弃餐饮油脂，适用于 HEFA 生产技术路线，而西北、新疆等风光资源丰富地区更适合开发以绿色氢气为主要原料的 PtL 生产技术路线，不同地区可根据自身 SAF 原料供应情况部署不同的 SAF 生产技术路线项目。随着近年来中国光伏、风电和电解槽等关键技术成本大幅降低，预计将加速绿氢产业化进程，长期来看，以二氧化碳和绿氢合成 SAF 是各种生产技术路线中备受关注的研发方向。但是通过合成燃料助力航空业实现零碳转型的前提首先需要电力系统由化石能源向可再生能源的全面转型，同时还需成本低廉的碳捕集于封存利用（CCUS）技术。只有在这些条件成熟的基础上，合成燃料的大规模生产与应用才能真正实现并推动航空业的绿色转型。



附录

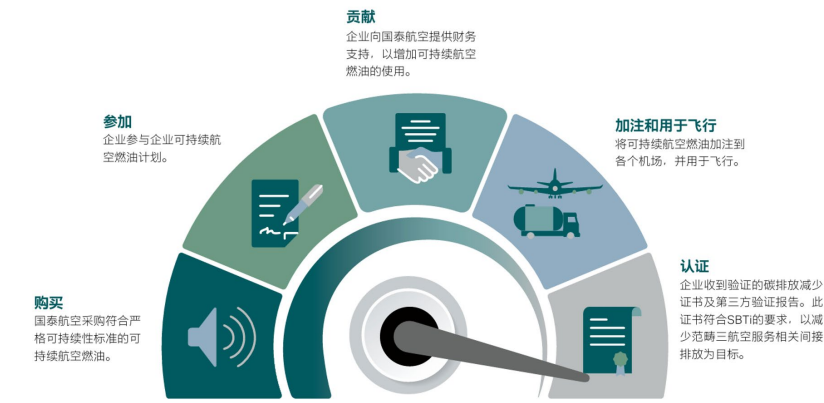
SAF 商业运营模式案例 - 国泰航空

自 2014 年以来，香港国泰航空一直投资于将城市固体废弃物转化为 SAF 的研发，并将其商业化。国泰航空承诺到 2025 年，所有国泰航空营运航班的 SAF 使用量占整体航油消耗的 2%，到 2030 年该目标提升至 10%。截至 2023 年底，国泰航空共消耗 7.2 万吨美制加仑 SAF，减少了约 552 吨二氧化碳当量排放。

2022 年，国泰航空推出“企业可持续航空燃油计划”，并于 2023 年启动了第二轮项目，通过该项目，企业可资助购买经由国际认可的可持续标准所认证的 SAF，以供国泰航空营运航班使用，企业则会收到经验证的碳排放量减少证书及第三方验证报告，帮助其抵消源自商务旅行或货运的范围三排放。2023 年，国泰航空首次将 SAF 扩展至其他海外机场，在新加坡樟宜机场为四家货运航班加注 SAF，此前仅在香港国际机场主基地加注 SAF。2024 年 4 月，国泰航空在从荷兰阿姆斯特丹史基浦机场（AMS）始发的多个航班，采用中国生产的 SAF，这也是国泰航空首次在欧盟境内机场自愿为商业航班加注 SAF。

此外，国泰航空与国家电投于 2023 年签署了合作备忘录，该备忘录涵盖国家电投发展计划下的四家 SAF 生产设施，四家生产设施预计将于 2024 年至 2026 年间投运，每个设施 SAF 年产能达 5-10 万吨。该生产设施采用类似于 PtL 技术路线生产 SAF，将可再生电力转化为液体燃料。

图 6 国泰航空“企业可持续航空燃油计划”运作模式



来源：《2023 年度可持续发展报告》，国泰航空

关于绿色创新发展研究院

绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress), 简称: 研究院 (iGDP), 是专注绿色低碳发展的战略咨询平台, 2014 年成立于北京, 旨在成为具领先专业素养和独立影响力的国际化智库。研究院根植我国地方绿色低碳实践, 面向全球应对气候变化进程, 为决策者、投资者和社区提供具有国际视野和前瞻思考的解决方案及公益性知识产品。

关于零碳录 (CCNT)

零碳录 (China Carbon Neutrality Tracker, <https://ccnt.igdp.cn>) 旨在全面跟进国家、行业、省市的碳中和行动, 致力于分析解读零碳转型之路的政策实践、创新行动, 以客观科学的视角传播分享中国应对气候变化的努力和贡献。通过在线数据库和交互信息平台, 为关注碳中和行动各界人士提供服务。CCNT 前身是关注低碳试点进展的交互信息平台 Policy Mapping, 创建于 2014 年, 由绿色创新发展研究院 (iGDP) 建立和维护。

联系方式:

电话: 86-10-8532 3096

传真: 86-10-8532 2632

邮箱: igdpoffice@igdp.cn

网站: www.igdp.cn

地址: 中国北京市朝阳区秀水街 1 号建外外交公寓 6-2-62

