

启航货运低碳未来： 可持续航空燃料需求侧 行动洞察与展望

版权声明

本出版物的全部或部分可以以任何形式复制，用于教育或非盈利目的，而无需获得版权持有人的特别许可，但须注明来源。智慧货运中心中国办公室欢迎收到任何使用该报告作为参考资料的出版物。未经事先书面许可，本刊物不得作转售或作任何其他商业用途。

建议引用格式:

智慧货运中心中国办公室，2026. 启航货运低碳未来：可持续航空燃料需求侧行动洞察与展望

免责声明

本报告中所表达的观点来自于智慧货运中心及其工作人员、顾问和管理层，并不一定代表智慧货运中心董事会的立场。智慧货运中心不保证本出版物中所含数据的准确性，亦不对其使用所产生的后果承担任何责任。

致谢

本报告由智慧货运中心中国办公室 周宇飞、冯轶楠撰写。特此感谢王波勇、苏莉莉在研究方向与内容审阅过程中给予的重要支持与专业建议。同时感谢陈雯在素材收集与内容整理方面所做工作。诚挚感谢参与访谈的各家企业在信息分享与经验交流中给予的积极配合与宝贵意见。

各方的共同努力为本研究的顺利完成奠定了坚实基础。

关于智慧货运中心

智慧货运中心 (Smart Freight Centre) 2013 年在荷兰阿姆斯特丹成立，是一家致力于减少货运交通温室气体排放的国际非营利组织。智慧货运中心的使命是与全球合作伙伴协作，量化环境影响、识别解决方案，并推广物流脱碳战略。2014 年，智慧货运中心在中国开展工作，其绿色货运技术推广机制搭建、智慧车管经理培训、智慧货运论坛、智慧货主联盟、零排放货运行动、GLEC 框架本土化等多项工作得到了物流和货运行业的认可、支持和积极参与。机构的角色是引导企业走向零排放物流，倡导支持型政策和项目，并提高零排放意识。

联系方式

北京市朝阳区望京利泽西街 6 号院东湖国际中心 A 座 13 层 1302

网站: www.smartfreightcentre.org

邮箱: infochina@smartfreightcentre.org

目录

- 1. 研究背景..... 4
- 2. 研究目的..... 6
- 3. 相关方分析 8
 - 3.1 货主..... 9
 - 3.2 物流服务提供商（LSPs） 10
 - 3.3 承运商 11
- 4. 我国现有实践..... 13
 - 4.1 模式一：基于物理隔离的 SAF 定向加注 15
 - 4.2 模式二：基于质量平衡的 SAF 账面加注 16
 - 4.3 模式三：基于登记与声明的 SAF 环境属性交易 17
- 5. 现状与挑战 19
 - 5.1 政策体系：初步探索 尚在完备 20
 - 5.2 成本与经济性：成本高企 信号困境 21
 - 5.3 原料与供应：原料瓶颈 准备不足 22
 - 5.4 供需方协调：认知不齐 行动分散 22
- 6. 建议与展望 24
 - 6.1 政策扶持与激励机制 促进先行者落地 25
 - 6.2 推动市场机制创新 降低企业应用门槛 25
 - 6.3 促进行业共识与协同 推动联合行动 26
- 参考文献..... 28

1.

研究背景



全球航空业正面临着巨大的减排压力。根据航空行业团体能源转型委员会的数据，2020 年全球人类产生的二氧化碳排放量中，航空业几乎占 3%。如果不采取有力行动，到 2050 年这一比例可能上升至 22%以上^[1]。

我国也面临日益严峻的航空减排压力。一方面，国际机制即将对中国航空业提出更严格要求。根据国际民用航空组织（以下简称 ICAO）的 CORSIA 方案^[2]，从 2027 年起，中国将被纳入强制履约阶段，这意味着我国航空运营方将必须履行相关义务。这一进程将极大提升航空业在碳成本管理上的压力。另一方面，国家层面气候承诺也在不断加强。2025 年 9 月，国家主席习近平在联合国气候变化峰会上的致辞中宣布中国新一轮国家自主贡献：到 2035 年，中国全经济范围温室气体净排放量比峰值下降 7%-10%^[3]。这意味着中国航空业在走向绿色低碳转型的过程中不仅要应对境外合规要求，也需顺应国内排放控制与产业政策整合趋势。

根据 ICAO 的定义，可持续航空燃料（Sustainable Aviation Fuel, 以下简称 SAF）是通过可再生资源（如生物质、废弃物等）制成的替代燃料^[4]。与传统航空燃料相比，SAF 具有显著的碳减排潜力，能够在生命周期内减少多达 80%的碳排放^[5]，因此**被视为航空业脱碳的关键路径之一**。根据国际航空运输协会（以下简称 IATA）的预测，到 2050 年，SAF 将在航空业的碳减排中发挥决定性作用，预计贡献约 65%的碳减排^[6]。

尽管全球范围内，SAF 的产量正在快速增长，**其规模化应用仍远未达到全球脱碳目标所需水平**。2023 年，全球 SAF 的生产量达到 50 万吨，同比增长 100%，但产量仍仅占全球航空燃料需求总量的 0.53%，远低于实现全球减排目标所需的水平^[7]。这种“高增长但低占比”的矛盾现象在全球范围内普遍存在，源于多重制约因素。其中一个重要方面是 SAF 市场缺乏需求端的稳定承诺，导致市场缺乏足够确定性来支撑大规模投资。在区域层面，不同市场的发展动力也存在差异：欧洲依靠强制性目标与碳市场机制推动需求释放，相比之下，**中国虽然具备巨大的潜在需求，但仍处于探索和试点阶段**。

航空业的深度脱碳依赖于 SAF 的规模化应用，而规模化应用的前提是形成稳定且可持续的需求信号。只有当货主、物流服务商和航空公司等下游主体发出明确且持续的需求，供给端的投资与产能扩张才可能跟进，形成真正的供需协同。因此，**探索需求侧的动因、实践与挑战，对于推动 SAF 产业链走向成熟具有关键意义**。

2.

研究目的



本报告基于行业调研，通过对多家货主、物流服务提供商（以下简称 LSPs）以及航空公司和速运企业的访谈，收集了其在货物运输领域的 SAF 使用动机、现行做法和遇到的障碍，并结合现有的实践案例进行归纳与总结。作为全球极具潜力的 SAF 生产与使用市场，中国尚处于探索与试验阶段，需求侧能否形成稳定且可持续的采购意愿，将直接决定产业链后续扩产与降本空间。鉴此，本研究旨在：

- 1) 梳理需求侧在 SAF 应用中的角色与动因；
- 2) 归纳总结当前中国市场 SAF 应用实践；
- 3) 识别需求侧在推动 SAF 应用中面临的关键挑战；
- 4) 提出展望与行动呼吁，推动行业开展更多试点，并为后续研究奠定基础。



3.

相关方分析



为了更好地理解中国 SAF 市场的现状与发展潜力，首先需要厘清“需求侧”由哪些主体构成、其内在驱动力为何、以及其在 SAF 应用中分别扮演怎样的角色。不同类型企业在供应链中的位置和职能，决定了它们对 SAF 的认知深度、采购意愿与行动模式，也影响着整个市场的需求结构与扩散路径。为此，本章通过前期调研与分析，梳理出主要的需求侧参与方——包括货主企业、物流服务提供商（LSPs）以及承运商——并总结他们在 SAF 推广中的动因与角色，以期为后续的市场分析和政策建议提供系统参考。

3.1 货主

在国际物流体系中，空运对货主的核心价值在于其无可比拟的速度与时效保障。相较于海运或铁路运输，空运能显著缩短跨境运输时间，使企业能够在竞争激烈的全球市场中抢抓订单、规避断货风险。一般来说，货主会在运输链的关键环节使用空运，尤其是在洲际长航段或运输链中“first mile—middle mile”阶段，通过空运将生产地的货物迅速送至海外枢纽，从而压缩整体交付周期，降低断货和跌价风险。由于这一特性，货主对空运的核心诉求集中在快速、稳定与可预测三方面，而不是单纯的运输成本控制。也正是基于这种需求，依赖空运的企业通常具备一些共同特征：**产品单位价值较高、周转周期较短、销售窗口敏感，或者在途环境对货物性质影响较大**。由此，**最依赖空运的行业主要集中在电子信息、医药化工、奢侈品以及快消等领域**，这些行业的货主往往是全球航空货运需求的主要来源。目前我国对 SAF 有较高认知或兴趣的货主，多为具有跨国业务的中国企业，或是在中国设有生产基地的跨国品牌。

SAF 市场动因

近年来，越来越多的货主企业加入了科学碳目标倡议（SBTi）等国际减排倡议，并将范围三（Scope 3）的减排目标纳入中长期战略规划。一些企业还进一步将目标细化到物流和供应链环节，设定了不同阶段与不同运输方式的减排 KPI。在整体范围三排放中，运输环节往往是关键焦点，而其中空运的地位尤为突出。货主普遍意识到，空运虽然在运输总量中所占比例通常只是十位数甚至个位数，但其碳排放占比却显著高于其他运输方式，经常成为范围三排放的主要来源。**这种“低量高排”的特性，使得空运成为供应链减排中最难绕过的环节。**

由于空运本身的成本较高，许多企业倾向于通过逐年缩减空运比例来实现减排，例如提前规划运输以改用海运或铁路，或在目的地附近设立前置仓来缩短交付路径。然而，访谈结果显示，在不少情况下，空运的使用依然难以替代。无论是出于对交付周期和市场节奏的敏感，还是因为货物本身对在途时间和环境的要求较高，抑或是为了降低高价值货物的风险暴露并应对外部环境的突发变化，**企业都不得不依赖空运来保障供应链的稳定性和确定性。**

由此可见，在特定行业和应用场景下，尽管企业努力优化运输结构，空运仍然是无法完全替代的选择。面对这一现实，企业通常会采取多种手段降低空运环节的碳排放强度，例如提升装载效率、优化航线布局、使用更高质量的排放数据进行碳核算等。而在这些措施难以进一步显著降低排放时，SAF 便成为实现航空减排目标的关键手段之一。**只要时间成本持续高于运输成本，空运在全球供应链中的战略地位就不会削弱**，而在此背景下，SAF 仍将是货主在实现航空减排中不可或缺的工具。

从调研结果来看，部分国内领先企业已经在采购预算中预留出低碳运输的成本空间，以覆盖 SAF 等措施带来的额外溢价；但多数企业仍持观望态度，希望待政策、价格和可得性更明朗后再做投入决策。总体而言，这种谨慎的态度使得货主端的潜在需求尚未充分传导至下游市场，难以形成可持续的采购信号和稳定的需求基础。

价值链角色

在 SAF 应用的价值链中，货主扮演着决定性的角色。他们既是**需求的发起者，也是市场信号的提供者**。当货主明确提出对低碳运输的需求时，物流服务商和航空公司会据此调整产品设计与运力安排，而这种信号也为 SAF 上游生产商的产能投资和长期布局提供了确定性。同时，货主还是需求的放大器。通过前瞻性的规划和稳定的采购承诺，货主能够为市场提供可预测的需求基础，从而推动规模化采购和供给端的积极响应。可以说，货主的战略选择与实际行动，直接决定了 SAF 在供应链中应用的速度与深度。

3.2 物流服务提供商（LSPs）

LSPs 是直接响应货主低碳运输需求的服务方。调研显示，目前在中国市场上关注或推动 SAF 应用的主要是具有跨国业务背景的物流服务企业，既包括在中国设有分支机构国际物流公司，也包括服务于国际客户、承担跨境运输任务的中国企业。此类企业通常具备完善的全球航线网络、成熟的客户协同

机制以及较强的减排管理能力，能够更早接触并应用国际市场中的 SAF 产品与机制。从需求来源来看，其客户多为拥有境外运营或出口导向型业务的货主企业，对 SAF 的关注往往源自国际供应链的减排要求。总体而言，这类 LSPs 凭借广泛的客户网络和规模化运营优势，能够将分散的货主需求整合为可执行的采购与运输方案，是推动 SAF 市场化应用的关键力量。

SAF 市场动因

推动 LSPs 开展 SAF 相关服务的原因主要有两方面。首先是**客户需求的延伸**。随着越来越多的全球品牌在范围三减排上提出明确目标，物流服务提供方需要通过提供 SAF 选项来响应客户的低碳运输要求，并在竞争中保持客户黏性。其次是**商业模式的升级**。LSPs 能够根据市场需求，将 SAF 打造为既规范化又可定制的低碳服务产品，从而为客户提供更多样化的选择，也为自身服务体系开辟新的价值空间。

价值链角色

在 SAF 价值链中，LSPs 的作用体现在两个层面。首先，**他们是需求的聚合者**，能够把分散在多个货主间的零散需求整合成规模化订单，降低航司采购 SAF 的成本和不确定性。同时，**LSPs 在服务中也承担着方案设计与协调的功能**。他们通过将 SAF 相关服务打包为客户可理解、可使用的减排方案，并在需求、成本与合规之间进行统筹，使货主能够更便捷地将 SAF 纳入自身的减排路径。正是凭借这种整合与转化能力，LSPs 把分散的市场信号转化为可执行的解决方案，推动了 SAF 在航空货运中的逐步应用。

3.3 承运商

在 SAF 价值链中，承运商是直接的燃料使用方，也是连接上下游的关键主体。从企业特点来看，我国三大航空公司（国航、东航、南航）往往承担政策试点和行业示范的任务，尽管其当前在 SAF 应用等领域的规模有限，但在明确的国家规划与战略导向下，它们始终引领着行业未来的发展方向。与此同时，一些以货运业务或国际航线为重点的企业（如顺丰航空、国泰航空）则在市场化路径上发挥引领作用，通过创新项目和机制探索 SAF 的商业化模式，推动产业生态的形成与拓展。

SAF 市场动因

推动国内承运商应用 SAF 的动因可以归纳为三方面。首先是**政策响应**。自 2024 年起，我国启动了 SAF 试点^[8]，《“十四五”民航绿色发展专项规划》也提出了 SAF 应用等相关目标，引导航空公司在一定程度上开展探索与布局。其次是**客户与市场需求**。随着越来越多的跨国货主和大型品牌将低碳运输融入采购要求，承运商通过提供 SAF 相关服务，不仅能够回应客户的可持续发展需求，还能增强市场竞争力和合作黏性。此外，基于**自身减排压力**，航油燃烧是航空公司范围一（Scope 1）排放的核心来源，除机队更新外，SAF 成为当前最有潜力在短期内显著降低碳排放强度的解决方案。

价值链角色

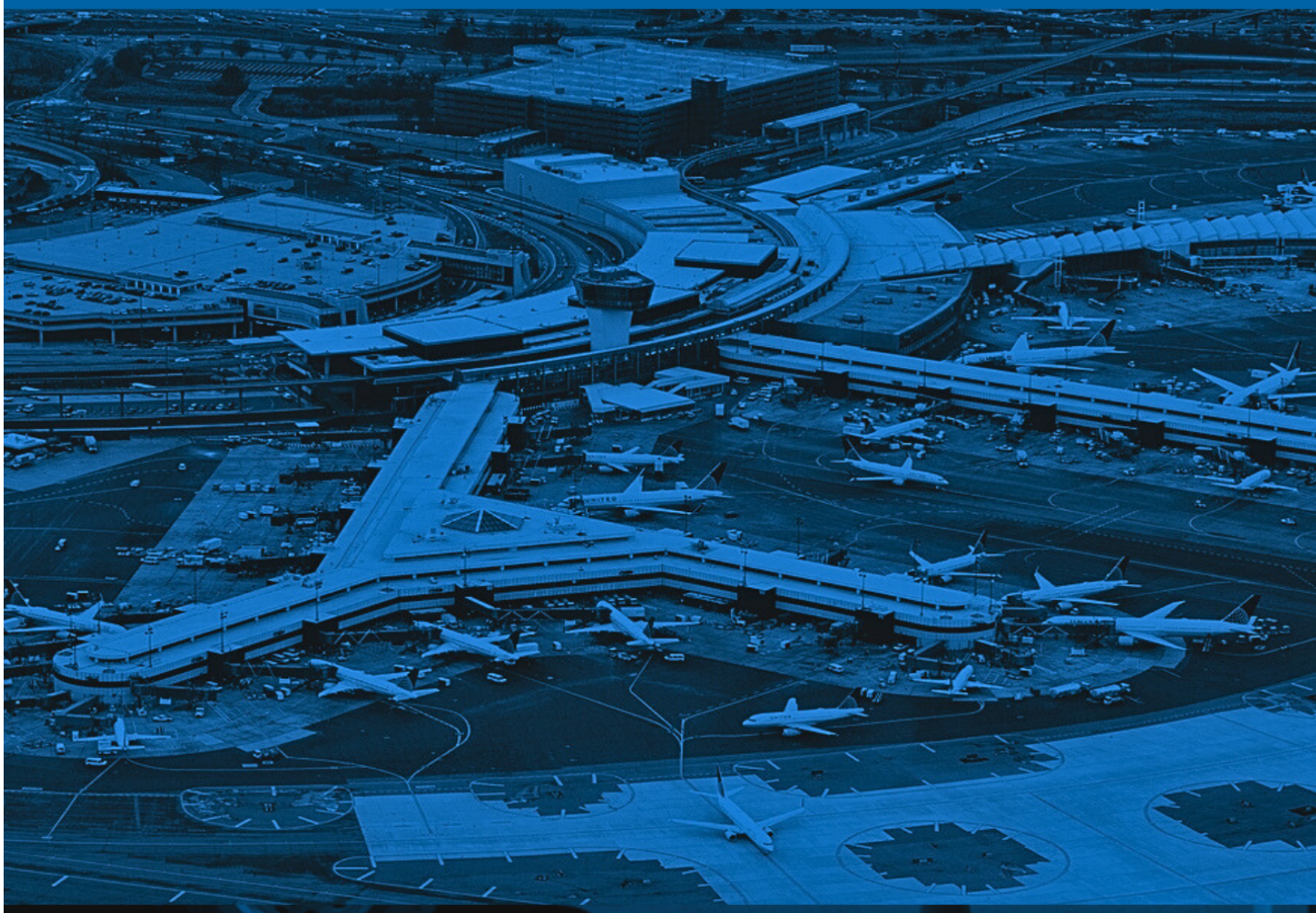
在 SAF 价值链中，承运商的角色具有不可替代性。首先，作为燃料的直接使用者，**他们具备最直接的执行能力**，负责将 SAF 真正加注到航班中，提供“有航班可用”的条件。其次，**他们是推动者**，例如可通过签订长期承购协议、参与新燃料研发和投资，为上游生产商释放需求信号，降低行业投资风险。此外，**他们还是协调者**，在政策与市场之间发挥桥梁作用，一方面落实政策规划，另一方面通过与行业组织合作推动形成更合理的市场机制，从而成为 SAF 价值链运转的核心枢纽。

货主、LSPs 和承运商在 SAF 应用中的动因和角色各有侧重，也形成了相互补充的格局。尽管本报告聚焦于需求侧，但供给侧的完善同样是 SAF 市场发展的关键支撑。燃料生产商通过原料开发、产能布局 and 成本优化，为市场提供基础保障；而加注体系的成熟度，则直接决定 SAF 能否顺利进入航司运营与客户使用环节。可以说，需求侧的积极探索离不开供给端的支撑，而供给侧的持续投入也需要来自需求侧的明确信号，二者的协同将共同推动市场从示范阶段迈向商业化。

动因和角色只是理论层面的分析，真正决定 SAF 市场能否形成规模化应用的，仍然在于各主体如何在实践中互动与协同。下一章将结合我们在调研中收集到的行业信息，对当前在我国市场已经出现的一些探索与做法进行总结，以呈现需求侧在实际应用过程中的特点与经验。

4.

我国现有实践



当前自愿市场的 SAF 应用主要由需求侧推动，通常围绕“减排目标设定—需求形成—采购执行—排放核算”四个核心环节展开（图 1）。

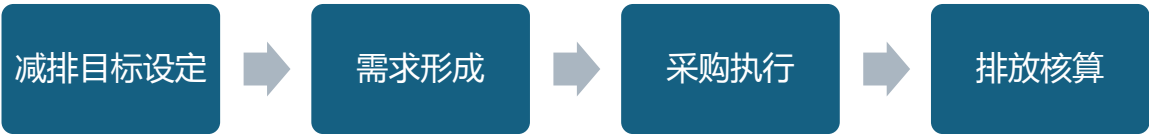


图 1 SAF 采购实施流程

例如，当前很多货主会制定自身 SBTi 或净零目标，并将其范围三减排目标进一步细化为航空运输减排指标，形成明确的量化任务，以年度或项目周期为单位明确所需的减排量（吨 CO₂e）或 SAF 使用量。在这一过程中，货主除了关注减排量，还会综合考虑价格、预算、时效性及执行方式等因素。

在此基础上，需求可由 LSPs 进行整合采购，也可由货主直接与承运商或燃料供应商接洽，通常会结合预算和可行性选择不同的执行路径。目前 SAF 的应用可基于不同的监管链机制，既包括在具备条件的机场进行 SAF 加注*（物理隔离或质量平衡），也包括通过注册平台完成 SAF 环境属性的交易与流转（登记与声明）。完成采购后，承运商、LSPs 或货主会依据相应的合同条款和核算方法，将 SAF 对应的排放量以相应的方式各自计入 Scope 1 或 Scope 3 排放统计中，并在后续的披露与审计中予以说明。SAF 的核算方式会因企业的核算边界及监管链机制等因素的不同而有所差异，本文不作展开。如企业希望进一步了解不同情景下的核算方式，欢迎与我们联系探讨或参考智慧货运中心的其他指南文件^[9]。

本章内容基于调研结果，总结了当前 SAF 需求侧不同类型企业的 SAF 实际推进路径，以帮助读者了解当前中国市场上 SAF 应用现状。需要说明的是，本章内容仅为研究与归纳结果的呈现，不构成操作指南或建议。智慧货运中心近期发布的 *SAF Insights – A Practical Guide for Freight and Aviation Stakeholders* 对国际范围内 SAF 应用的关键议题（包括应用路径、核算与市场化机制，国际经验等）进行了系统梳理，建议读者可参考该指南以获取更全面的背景与技术说明^[9]。

* 需要说明的是，当前市场上，航司的 SAF 加注多在质量平衡（mass balance）体系下运行。即便燃料在具备条件的机场完成了实际加注，其在油库和管网系统中仍与化石航油混合，无法实现完全的物理分离。

本章讨论涉及物理隔离 (Segregated) 、质量平衡 (Mass Balance) 以及登记与声明 (Book & Claim) 等 3 种监管链机制。相关概念的基本定义主要参考 ISO 22095 等国际标准；本文在不改变其核心内涵的前提下，对各机制在 SAF 应用层面的含义进行了补充：

物理隔离 (Segregated) 机制下，具有可持续属性的燃料始终与传统燃料保持物理隔离。其可持续属性与具体的物理产品保持直接对应关系，并随该产品流转而一并转移。

质量平衡 (Mass Balance) 机制允许具有可持续属性的产品与常规产品在同一物理系统内发生混合，但要求在明确的系统边界和既定核算周期内，可持续属性的投入量与分配量在账面上保持数量平衡，不得超额分配或重复分配。

登记与声明 (Book & Claim) 机制允许将燃料的可持续属性从实体中剥离、单独登记和流转，使终端用户即使没有获得或实际使用实体燃料，也可依据购买的属性证书进行相应的减排声明，这一机制显著提升了燃料的可达性与市场灵活性。

4.1 模式一：基于物理隔离的 SAF 定向加注

在目前国内可观察到的 SAF 应用实践中，基于物理隔离 (Segregated) 的定向加注是早期探索阶段中较为典型的一类模式。该模式主要在 SAF 应用初期，可帮助对燃料流向、使用情况及飞机运行安全等方面进行清晰验证，为后续技术评估与机制设计提供可靠基础。

基于物理隔离的加注模式，在燃料储运与加注环节将 SAF 与传统航油进行明确区分，以确保 SAF 的实际使用比例可控、使用结果可验证。在该模式下，承运方通常通过独立的运输与加注方式完成 SAF 的交付与使用，而非完全依赖现有机场航油管网体系。这种做法能够在物理层面清晰界定 SAF 的投入、使用与消耗边界，为后续的核算、审计与技术评估提供更强的可验证性基础。承运方能够凭借完整的加注记录和验证数据，直接证明自身航班的 SAF 实际使用情况。

从我国现有实践来看，民航局 SAF 应用试点第一阶段以及顺丰航空^[10]在早期 SAF 应用探索中，均采用了基于物理隔离 (Segregated) 的定向加注方式。

其中，民航局 SAF 应用试点^[8]第一阶段于 2024 年 9 月至 12 月实施，选取北京大兴、成都双流、郑州新郑、宁波栎社等 4 个国内机场，安排国航、东航、南航自上述机场起飞的 12 个商业航班开展 SAF 的正式加注，重点围绕供油保障、油品质量监控、安全运行与效果评估等关键环节进行研究探索。企业层面，顺丰航空^[10]是国内较早开展基于 SAF 实际加注探索的货运航空公司之一。2024 年 12 月 19 日，顺丰航空一架 B737 型全货机在宁波—鄂州花湖航线上完成国内全货机首次 SAF 商业飞行，通过在加注环节将 SAF 与传统航煤进行物理隔离，实现 SAF 的实际使用与可验证消纳。在该航班实施过程中，顺丰航空邀请第三方认证机构对运输飞行中航空器燃料消耗所对应的温室气体排放量进行量化核算与核证，为 SAF 实际使用情形下的排放核算提供了可审计的数据基础。

需要指出的是，基于物理隔离的定向加注在 SAF 应用早期，对于厘清燃料实际使用边界、验证核算方法及探索环境属性管理路径具有重要参考价值。但该模式通常需要承运方与燃料供应方及加注服务方进行专项协调，在独立运输、储存和加注条件下完成 SAF 的实际使用。在我国现有航空燃料供应与加注体系下，该模式对操作条件、协调成本和运行灵活性均提出了较高要求，难以在更大范围内快速复制和推广。随着相关技术路径和管理机制逐步成熟，无论是民航局 SAF 应用试点的后续阶段，还是顺丰航空的实践探索，均已开始向质量平衡（Mass Balance）等更具灵活性的模式演进，为 SAF 的规模化应用创造条件。

4.2 模式二：基于质量平衡的 SAF 账面加注

在我国当前航空燃料供应与加注体系下，基于质量平衡（Mass Balance）的 SAF 账面加注，正逐步成为 SAF 从早期示范走向规模化应用的重要路径之一。

在质量平衡机制下，目前我国通常由中航油统一采购 SAF，并在具备掺混条件的机场，依托既有航油管网体系，将 SAF 与传统航煤进行掺混后，纳入机场燃料供应系统供航班运行使用。与物理隔离不同，SAF 的物理流向不再与具体航班一一对应，而是通过掺混比例控制、台账管理和内部核算等方式，在系统层面确认 SAF 的使用情况。

结合调研访谈及行业交流情况，民航局推动的 SAF 应用试点第二阶段（官方披露为 2025 年全年实施），在组织方式和运行机制上较第一阶段进一步向常态化掺混应用演进，重点不再局限于单次或定向验证，而是探索在更大运行范围内持续应用 SAF 的可行路径。在企业层面，随着实践不断推进，

顺丰航空的相关探索也逐步从单一加注验证向更具灵活性和可扩展性的操作优化；香港地区的国泰航空亦较早推出基于 SAF 掺混应用的低碳航空运输服务。综合来看，上述实践在加注方式上的监管链逻辑更接近**质量平衡**。

在该模式下，SAF 在物理层面被实际消耗，但是否能够确认特定航班“使用了 SAF”、“使用了多少 SAF”，以及相应环境属性是否具备进一步流转的基础，关键取决于燃料供应与加注环节是否能够提供清晰、可核查的证明文件；若无法明确 SAF 在航司或航班集合层面的分配情况，则相关环境属性一般不具备向下游客户传递的条件。相较于**物理隔离**，**质量平衡**在兼顾运行安全与系统可行的同时，为 SAF 在更大范围内的推广应用提供了更灵活的路径。

需要指出的是，基于**质量平衡**的掺混加注模式通常会受制于具体机场、航司运行范围及供油体系的覆盖边界。当货主或 LSPs 的运输需求未落入相关机场或航班集合，或其希望在更灵活的空间与时间维度上支持 SAF 的应用时，仅依托**物理隔离**与**质量平衡**往往难以满足其需求。在此背景下，市场逐步探索出通过将 SAF 的环境属性与具体物理流向解耦的方式，实现跨航线、跨区域的属性配置与使用，初步形成了**登记与声明 (Book & Claim)** 机制的应用场景。

4.3 模式三：基于登记与声明的 SAF 环境属性交易

登记与声明 (Book & Claim) 模式将 SAF 的物理流向与环境属性的归属进行解耦：SAF 在实际运行层面完成掺混、加注和消耗，所形成的环境属性经核算、登记后，可通过注册平台独立转移至未实际使用 SAF 的需求侧主体。这一机制突破了机场、航线和基础设施条件的限制，使不具备实际使用 SAF 条件的货主或 LSPs 亦可参与 SAF 相关减排实践。

在这一模式下，货主通常根据自身范围三减排目标，或 LSPs 根据客户的减排需求，向燃料供应商、航空公司等购买 SAF 的环境属性证书，并根据相关证明文件[†]中 SAF 的排放因子和相应的核算规则，结合购买量在其温室气体核算中计入相应的排放量。在此过程中，货主与 LSPs 并未实际使用 SAF，而是通过交易其环境属性的方式，主张与 SAF 实际消纳相对应的减排效益。需要指出的是，此类 SAF 环境

[†] 相关证明可包括登记平台注销证书，SAFc 采购证书（但需结合登记平台注销记录）或 LSPs/航空公司提供的其他证明。

属性证书产生的前提条件为：相应数量的 SAF 在实际运行中正在或已完成物理消耗（例如通过掺混后进入航空燃料使用体系），并经核算和登记后形成可转移的环境属性；环境属性的交易并不意味着需求侧主体实际使用了 SAF，而是基于上述实际消耗结果进行属性层面的归属与声明。

目前我国尚无统一、开放的[登记与声明](#)注册体系在运行，相关交易主要依托境外注册平台完成。参与其中的企业通常为同时具有中国与国际业务布局的货主或 LSPs。基于本次调研与行业观察，国内较为常见操作路径是：货主在通过 LSPs 采购航空运输服务的基础上，提出 SAF 的使用需求，由 LSPs 通过其总部统一采购 SAF 环境属性证书，并根据客户要求，将相应环境属性声明对应至客户在中国业务范围内的航空运输活动中。

同时，近期也有国际货主希望通过[登记与声明](#)机制采购来自中国 SAF 的环境属性。但当前中国内地尚缺统一开放的登记体系，且 SAF 常态化加注与商业化应用仍在初期阶段，本土 SAF 的[登记与声明](#)应用基础尚未完全成熟。

总体而言，[登记与声明](#)机制为需求侧企业提供了一种进入门槛较低、可快速启动的 SAF 减排路径，有助于在早期阶段聚合需求、释放市场信号，带动上游产能扩张。然而需要指出的是，目前国际主流标准或指南（如 GHG Protocol, SBTi）尚未就[登记与声明](#)模式下的温室气体排放量如何计入范围三排放形成明确和详细的指南，货主企业应在知晓风险的前提下，在汇报中明确披露其采用的核算口径和假设。智慧货运中心发布的 *Voluntary Market Based Measures Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting*^[11] 为企业提供了一套清晰且可信的指引，帮助其无论采用何种监管链机制，都能将 SAF 有效纳入企业的排放报告体系中。

综上所述，我国当前已在[物理隔离](#)、[质量平衡](#)以及[登记与声明](#)等路径上开展了不同程度的实践探索。受制于基础设施条件、制度环境与市场成熟度，不同主体在具体实践过程中，往往需结合自身在价值链中的位置、资源禀赋与能力边界，选择或组合使用适合自身的实施路径。总体而言，国内需求侧的探索仍处于试验与验证阶段，市场主体在采购机制、核算口径、证书管理与服务交付等方面不断探索迭代。这些探索虽然尚未形成统一标准，但已为未来建立系统化与规模化的 SAF 应用积累了重要经验。

5.

现状与挑战



尽管部分企业已率先开展 SAF 相关探索，但整体来看，需求侧的市场参与度仍然有限，SAF 对大多数企业而言依旧是一个相对新兴且复杂的议题。在应用推进过程中，政策支持力度、经济可行性、供应体系成熟度与行业协同水平等方面的现实挑战普遍存在。事实上，许多国内外研究和报告都对中国 SAF 市场发展所面临的主要障碍进行了总结和分析。基于本次调研访谈及与利益相关方的日常交流，本文进一步梳理出在中国市场语境下，对需求侧影响尤为显著的四类挑战。

5.1 政策体系：初步探索 尚在完备

近年来，国家高度重视航空业绿色低碳转型，将可持续航空燃料视为民航领域实现减排的重要途径之一。自 2021 年《2030 年前碳达峰行动方案》提出“加快形成绿色低碳运输方式”以来，民航局陆续出台了《“十四五”民用航空发展规划》《“十四五”民航绿色发展专项规划》等政策文件，明确开展 SAF 常态化应用试点、构建可持续认证体系，并设定“十四五”期间累计消费量达 5 万吨的目标。此后，工信部等四部门发布《航空制造业绿色发展纲要（2023–2035 年）》，进一步提出在国产民用飞机上试点应用并完善适航认证方法。可以看出，现阶段 SAF 的政策体系与需求端相关的重心已逐步由宏观规划转向应用验证，侧重试点示范、标准与认证体系建设，旨在为未来的市场化推广积累经验，打下制度和技术基础。但目前尚未形成对航空公司、物流企业或货主等下游需求主体的激励机制或引导措施。**需求侧目前仍处于“政策观察期”。**

国际可供参考的案例，例如欧盟通过 *ReFuelEU Aviation* 法规要求航空燃料供应商在欧盟境内机场提供的燃油中，2025 年起至少掺混 2% 的 SAF，并在 2030 年、2050 年分别提升至 6% 和 70%^[12]。尽管这一规定的直接约束对象是燃料供应端，却也为航司提供了可预期的 SAF 可得性，形成了相对稳定的需求基础。与此同时，欧盟碳排放交易体系（EU ETS）也引入了附加支持机制，用以鼓励航司使用 SAF。2025 年 9 月，欧盟委员会正式批准，将向 53 家使用 SAF 的航空公司分配约 1 亿欧元的免费碳排放配额^[13]。**总体来看，欧洲的相关强制与激励政策组合有助于在早期阶段形成稳定的市场预期，并增强产业投资信心。**

与欧洲相比，我国的政策体系仍以总体规划与技术验证为主，尚处于从“方向明确”向“机制完善”过渡的阶段。目前尚未建立专门针对 SAF 需求侧的配套政策或经济激励体系，需求侧缺乏稳定的激励信号和长期政策保障，致使大部分企业在投资决策和长期采购上仍持观望态度。

5.2 经济性：成本高企 信号困境

从全球范围看，SAF 的价格普遍是传统航空燃料的 2-5 倍^[14]，高价背后反映的是其显著高于化石燃料的生产与供应成本。根据国际航空运输协会（IATA）的分析，SAF 的成本主要由原料获取、工艺路径与设备投资、总体收率（转化效率）、燃料品质要求、运营费用、财务成本，以及物流和认证等多项因素共同构成。**SAF 的成本结构复杂，不同原料、技术与规模组合决定了 SAF 的最终成本。**以当前最常见的加氢处理脂肪酸酯与油脂（HEFA）路径为例，原料本身供应有限、价格高；而现有炼制工艺尚未实现规模经济，单位生产成本高于化石燃料；加之原料收集、物流运输及认证环节等附加成本的叠加，使得整体价格维持高位^[14]。

在定价机制方面，SAF 尚无统一的市场定价体系。结合 IATA 的总结及市场实践，当前 SAF 交易中主要存在以下三类定价方式^[14]：

- **基准价+溢价**：在传统航空燃料价格指数基础上叠加 SAF 溢价，以覆盖 SAF 额外成本与风险。通常由供应方承担原料价格与成本波动风险，由买方承担传统航空燃料市场价格波动风险。
- **成本加成**：由供应方在生产 SAF 的所有成本基础上叠加合理利润从而形成报价。该模式下，通常由买方承担原料价格等成本波动风险，供应商可获得相对稳定利润预期。
- **机构评估**：在市场早期或供应不稳定阶段，部分 SAF 交易或以短期或一次性采购形式开展，供应方会参考价格报告机构发布的市场评估价。这类交易灵活性较高，但价格通常偏高。

对于需求侧企业而言，SAF 价格高企与不透明直接影响了采购意愿。在内部预算与投资评估中，这类“溢价支出”通常难以带来可观的投资回报率。虽然能显著提升环境效益，**但企业在财务层面难以为其找到充分的经济合理性支撑，对内部决策难以形成足够的商业依据。**导致目前仅部分企业出于品牌或战略考量尝试采购，多数买方仍在观望。这种高成本与高溢价也导致供需双方陷入“信号困境”：需求侧希望供应侧能提供稳定且可负担的供给，以便形成长期规划；而供应侧又需要需求侧释放稳定的采购信号，才能获得融资或扩大产能。两者都在等待对方“先行动”，市场因此难以形成足够确定性。在中国，这一困境尤为明显。当前国内 SAF 市场仍处于早期阶段，价格机制尚不透明，公开的定价信息和统一的标准体系尚未建立。对于受访企业而言，SAF 价格高昂，而相关政策引导或激励尚未建立或明确，使得企业在成本和风险分摊方面均面临不确定性，**整体市场暂时无法形成较强的采购意愿。**

5.3 原料与供应：原料瓶颈 准备不足

即便未来市场需求逐步增长，原料与供应链体系仍是制约我国 SAF 规模化推广的关键因素之一。

从原料端来看，目前中国 SAF 的主要生产路径仍依赖于废弃食用油（Used Cooking Oil, UCO）。作为全球最大的 UCO 来源国之一，中国在原料储备方面具备显著优势，但供给弹性有限。随着人均食用油消费量预计在 2030 年前后达到峰值，UCO 的总体产出将趋于稳定甚至下降^[15]。若其他原料路径未能实现商业化突破，UCO 的供给瓶颈将成为影响 SAF 成本与产量的关键约束。一方面，原料紧缺将进一步推高生产成本；另一方面，也可能限制国内 SAF 产能释放与未来扩张潜力。

从供应链体系来看，尽管中国已在部分枢纽机场和航司层面开展 SAF 掺混与加注试点，但整体供应链仍处于“局部试验、尚未贯通”的阶段。生产、运输、储存、掺混和加注等环节之间尚未形成商业化衔接机制，“从产到用”的体系尚未就绪。对于潜在买方而言，即便具备采购意愿，也难以在现有条件下实现常态化采购。这种“可供应而难使用”的状况，成为限制 SAF 实际应用的重要原因之一。

5.4 供需方协调：认知不齐 行动分散

目前，供需相关方之间的协调与联动也是中国 SAF 推广的限制因素之一。各参与方虽已展现出一定的兴趣与意愿，但在认知、沟通和合作机制上仍存在一定脱节。

在**认知层面**，需求侧主体普遍处于有一定兴趣，但意愿不强、路径不清的阶段。部分航司、货主或物流企业虽已意识到航空脱碳的重要性，却缺乏对 SAF 产品属性、核算规则、认证与交易机制等方面的系统理解，难以将其纳入企业战略或供应链规划中。对多数企业而言，SAF 仍被视为“概念性”产品，而非可操作的减排方案。

在**协作层面**，供需两端及中间环节的沟通多为点对点，缺乏可持续的多方协同平台。航司、燃料供应商、LSPs 和货主之间虽偶有合作，但多集中于特定试点项目或双边协议，尚未形成稳定的市场沟通机制与标准化流程。这种碎片化格局导致交易效率低、信息传递慢，也使得潜在需求难以被汇聚或验证，进一步削弱了供给端扩大产能的信心。

此外，行业中亟需能够充当“中立协调者”的主体，用以整合多方诉求、促进标准对齐、推动数据互认及信息共享。国际经验表明，此类角色往往由行业平台、行业协会或中立机构承担，可以在建立信任、降低不确定性方面发挥重要作用。

当前，不同企业对 SAF 相关的减排证明、核算方式、认证与交易体系理解不一，也反映出行业协调与标准对齐的必要性。根据调研，企业普遍反映在采购或申报减排成果时，市场上存在多种不同来源的证明文件，例如燃料可持续认证、SAF 交易平台记录、物流服务商的年度审计报告或第三方鉴证结果等。由于缺乏统一标准和互认机制，企业在实际使用中往往难以判断证书的真实性、适用性及可披露性。这不仅增加了企业合规风险，也进一步凸显出构建统一的行业沟通和验证体系的重要性。

综上，SAF 在中国的推广正面临多重结构性挑战。政策层面尚处于从总体规划向机制落地的过渡阶段，缺乏针对需求侧的长期激励；经济层面成本高、定价机制不明，抑制了买方意愿；供应层面原料瓶颈与供应链不畅制约了市场热情；而协同层面则存在认知不足与共识不齐，导致供需两端未能形成有效衔接。

然而，从另一角度看，正是这些挑战构成了 SAF 市场成长的关键转折点。随着试点经验积累、工艺路径多元化推进及行业间沟通机制的逐步建立，中国 SAF 生态系统有望在“从探索到成型”的过程中实现协同突破。

6.

建议与展望



尽管中国 SAF 市场已逐步起步，但总体上仍处于“探索—验证—积累经验”的阶段。前文所述的政策、经济性、原料与协同等挑战，说明 SAF 的推广不仅需要供给端的产能扩张，更需要需求侧的信号强化与机制完善。未来的重点，可放在打通机制、聚合需求、降低门槛，以及为先行者创造有利条件这几方面。

6.1 政策扶持与激励机制 促进先行者落地

当前 SAF 需求侧缺乏相应的政策支持与激励。未来若要推动市场真正启动，亟需将政策重心部分后移，在“使用端”建立更具操作性的扶持体系。政策激励的重点可从“普遍鼓励”向“精准支持”转变，把有限的资源聚焦于那些已具备行动能力和代表性的先行企业，重点围绕 **试点性激励、财政或税收优惠、以及政策便利与流程简化** 等方向展开，帮助具备使用意愿的企业顺利完成从意愿到落地的过程，降低交易与操作成本，从而为市场起步提供示范，也能加快形成正向循环。

一方面，可通过设立专项试点或示范项目，为具备使用意愿及应用条件的航司、物流服务商或货主企业提供在财政补贴、税收减免或碳抵扣上的优先支持，帮助其平衡初期的经济压力。另一方面，政策层面也可在采购与加注环节给予企业更高的便利度，例如通过流程简化、跨部门协同，减少企业在实际操作中面临的程序性障碍，使市场参与者能够更加高效地完成采购、认证与加注等过程。

通过对先行者的鼓励和扶持，不仅能促进形成可复制、可推广的案例，为后续制度完善提供依据，也能通过“以点带面”的方式形成稳定的信号，引导更多企业跟进，从而加快 SAF 市场从试点阶段向体系化发展的过渡。

6.2 推动市场机制创新 降低企业应用门槛

在 SAF 应用的早期阶段，物理加注条件受限、成本高企以及供需错配等因素，显著抬高了企业的参与门槛。在这一背景下，基于 **登记与声明** 的市场机制，可为 SAF 的前期应用提供一种更灵活和可行的解决思路。该类机制有助于在早期阶段实现“需求聚合—信号释放—供给响应”的正向循环，通过允许需求侧主体在不受制于物理加注条件的情况下参与 SAF 相关减排实践，更早形成可观测、易聚合的市场需求，为上游产能建设、融资决策及中长期规划提供重要参考依据。

从国内实践来看，围绕绿色燃料的登记、核证与环境属性管理，已出现一些前期探索^{[16][17]}，其在方法论框架、流程设计和数据管理等方面开展了有益尝试，为需求侧参与绿色燃料减排提供了可操作路径参考，也为构建本土化的核证与追溯体系积累了初步经验。在此基础上，未来可通过政策引导与试点支持，鼓励更多市场主体参与不同应用场景下的实践验证，逐步厘清可行性边界与潜在风险，在实践中不断完善规则设计，实现从概念验证向规模化应用的平稳过渡。

在机制逐步成熟的过程中，可在国内既有资源和实践基础上，结合中国的监管逻辑、能源体系特征与市场结构，吸收国内外成熟经验，逐步整合形成既能与国际体系互联互通、又能契合本土实际的可持续燃料交易与核证机制。通过标准化的核算路径与可追溯的注册系统，提升市场透明度与信任度，也有助于构建清晰、可验证的减排价值链。

此外，智慧货运中心近年来发布的多项出版物，如 *SAF Insights – A Practical Guide for Freight and Aviation Stakeholders*^[9], *Voluntary Market Based Measures Framework*^[11], *Market-Based Measures Specifications*^[18]以及 *Principles and Best Practices for Book and Claim Systems in Heavy Transport*^[19]，均对 SAF 的实际应用及其在 [登记与声明](#)机制下的核算与汇报、跨行业互认等关键议题进行了系统阐释。这些成果可为企业理解国际机制、探索本地化路径、以及设计可验证的交易和报告流程提供重要参考。

总体而言，通过市场机制的创新，可以在不依赖大规模财政投入的前提下，激发企业的自主行动力。更灵活的交易机制、更清晰的核算规则和更高效的注册体系，将共同降低企业在 SAF 应用中的制度性成本，推动 SAF 从“政策驱动”逐步转向“市场驱动”，实现可持续的商业化发展。

6.3 促进行业共识与协同 推动联合行动

当前中国 SAF 市场的供需两端的探索较为分散。尽管部分航空公司、货主企业、物流服务商及燃料相关主体已开展试点或展现出明确的参与意愿，但受限于对应用模式、减排价值及实施边界的认知差异，以及跨主体沟通不足，行业内尚未形成稳定、持续的协作网络和相对统一的理解框架。这种分散化的探索模式，不仅增加了企业之间相互理解和对接的成本，也在一定程度上削弱了需求信号与市场整体的协同推进能力。

在此背景下，跨行业、跨价值链的协同合作成为推动 SAF 规模化应用的重要基础。一方面，通过持续的行业交流与知识共建，有助于逐步缩小不同主体在 SAF 实际应用的理解差异；另一方面，在沟

通与互动中形成的共识，可为后续在核算口径、信息披露及属性管理等关键环节的对齐创造条件。通过协同，分散的个体实践有望转化为系统性的集体行动，市场的学习曲线将被大幅压缩，最终将加快 SAF 在中国市场的推广应用，也将促进从“各自探索”向“协同推进”的转变，为建立更加成熟、透明、可信的低碳航空生态奠定基础。

SAF 的推广，是推动航空运输业实现深度减碳转型的关键环节。中国市场虽仍处于起步阶段，但已展现出强劲的探索动力与多元的创新实践。未来，随着政策体系逐步完善、机制标准不断清晰、产业协同日益加强，SAF 的应用有望从试点示范迈向规模化发展。

智慧货运中心期待与更多行业伙伴携手，共同推动 SAF 在中国的落地与普及，探索适合本土实际的实施路径，积累可复制、可推广的经验，为中国乃至全球航空运输领域的绿色转型贡献力量。欢迎有兴趣的机构与企业与我们进一步交流探讨，共同推动低碳航空生态的建设与完善。



参考文献



- [1] [The World Economic Forum \(WEF\)](#), 2023. 航空业怎样实现净零排放?
- [2] [国际民用航空组织 \(ICAO\)](#), 2024. CORSIA States for Chapter 3 State Pairs
- [3] [中华人民共和国外交部](#), 2025. 习近平在联合国气候变化峰会上的致辞（全文）.
- [4] [The International Civil Aviation Organization \(ICAO\)](#), 2022. Sustainable Aviation Fuels (SAF)
- [5] [The International Air Transport Association \(IATA\)](#), 2025. IATA Sustainable Aviation Fuel (SAF) Accounting & Reporting Methodology
- [6] [The International Air Transport Association \(IATA\)](#), 2025. Net zero 2050: sustainable aviation fuels
- [7] [中国国际可持续交通创新和知识中心 \(GSTIKC\)](#), 2024. Study Report of Sustainable Aviation Fuel Development Pathway
- [8] [中国民航局](#), 2024. 我国启动可持续航空燃料应用试点
- [9] [Smart Freight Centre](#), 2025. SAF Insights – A Practical Guide for Freight and Aviation Stakeholders
- [10] [顺丰航空](#), 2024. 顺丰实现国内全货机首次可持续航空燃料商业飞行
- [11] [Smart Freight Centre](#), 2023. Voluntary Market Based Measures Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting
- [12] [European Commission](#). (n.d.). ReFuelEU Aviation
- [13] [European Commission](#). 2025. EU allocates €100 million worth of ETS allowances to help airlines buy sustainable aviation fuels
- [14] [The International Air Transport Association \(IATA\)](#), 2024. SAF Handbook
- [15] [The World Economic Forum \(WEF\)](#), 2024. Could Chinese hot pot fuel your next flight?
- [16] [零排放货运行动](#), 2025. 智慧货运中心与天工智库中心联合发布国内首个“燃料绿证”方法学与平台——GFC 可持续燃料登记与声明系统
- [17] [落基山研究所中国](#), 2025. 绿色技术与可持续解决方案信息平台
- [18] [Smart Freight Centre](#), 2024. MBM Specification - Market Based Measures Specification for Logistics Emissions Reporting
- [19] [Book and Claim Community](#), 2024. Principles and Best Practices for Book and Claim Systems in Heavy Transport