

与凯恩利公司合
作

WORLD
ECONOMIC
FORUM

融资可持续航空燃料：案例研究 和投资启示

白皮书 2025年2月



目录

前言	3
执行摘要	4
1 资本要求以满足2030年的需求	6
1.1 产能需求以满足2030年SAF的需求	6
1.2 途径的成本要求	10
1.3 投资需求需满足2030年需求	13
2 SAF精炼厂的项目生命周期及资金需求	14
2.1 项目生命周期SAF概述	14
2.2 项目全生命周期中的筹资挑战	16
三个吸引更多资金进入SAF生产设施的因素	19
杠杆1 申请研究/创新基金以开发 20座首次建成的基础设施	
二级杠杆 利用多边发展机构的本地专业知识 21家银行将导航发展中国家市场	
第三杠杆 确保担保或保险工具 提升信用状况	23
杠杆4 吸引战略性行业投资者共同建设 一个面向未来扩展的生态系统	25
杠杆5 确保长期采购协议以通过最终投资决定（FID）	26
杠杆6 参与“买断-索赔”（book-and-claim）以促进投资	29
杠杆7 吸引私募股权资本以实现快速扩张	32
杠杆8 吸引基础设施投资者以获取更便宜的资本	33
杠杆9 通过耐受模型进行结构化投资 吸引更多债务	35
杠杆10 发行绿色债券以吸引影响投资者	36
结论	38
贡献者	40
脚注	42

免责声明

本文件由世界经济论坛作为项目、洞察领域或互动的贡献出版。其中表达的研究结果、解释和结论是世界经济论坛促进和认可的一项协作过程的成果，但并不一定代表世界经济论坛的观点，也不代表其全体成员、合作伙伴或其他利益相关者的观点。

© 2025 世界经济论坛。版权所有。未经许可，不得转载。
本出版物的任何部分不得复制或传播。
以任何形式或手段形成，包括影印和录音，
或者通过任何信息存储和检索系统。

前言



克劳迪娅·盖亚
全球可持续发展总监，
Kearney



乔治·帕洛林尼 (Giorgio Parolini)
领先地位，航空碳减排，世界
经济论坛

这份白皮书是世界经济论坛“未来机场”倡议的一部分，该倡议于2023年启动，旨在关注航空业在2050年前实现净零碳排放的能源、基础设施和融资需求。该倡议与国际机场理事会世界组织 (Airports Council International, ACI World) 合作开展。

为了帮助航空业实现碳中和并减少其对气候变化的影响，全球正有越来越多的可持续航空燃料 (SAF) 生产设施在开发中，但许多项目仍面临投资挑战。2024年，我们重点关注的是这些设施如何进展到建设阶段和全面扩张。

我们进行了一系列的区域圆桌会议和与航空、能源和金融行业商业领袖的专家访谈。

各行各业以及政策制定者，以获得对SAF生产路径在项目生命周期中面临的最新风险的洞察，补充了我们和该行业在此领域之前的成果。

我们研究了使这些设施得以运作所需的资本要求，最重要的是，潜在的资金解锁途径。本报告汇总了关于如何处理SAF投资和降低风险的最佳实践指南，重点关注确保融资和早期成功案例的常见挑战。

与凯恩尼合作完成，本报告汇集了我们广泛的“未来机场”社区的观点和见解。我们感谢我们的合作伙伴和行业赞助商的支持。

执行概要

十种金融杠杆可以被探索以扩大SAF生产并弥补实现2030年需求所需额外产能。

到2030年达到对可持续航空燃料 (SAF) 预期的需求水平，将需要额外5.8百万公吨的生产能力，以确保到2026年完成最终的投资决策。

到2030年，全球可持续航空燃料 (SAF) 的需求预计将达到每年1700万吨 (Mt/a)，约占总喷气燃料消耗的4-5%。这一需求预测包括政府强制规定的数量和航空公司的自愿承诺。然而，当前SAF的采用仍有限，截至2023年，仅有三家航空公司——法国航空公司荷兰皇家航空 (Air France-KLM)、德国敦豪快递 (DHL) 和国际航空集团 (IAG)——在燃料混合中使用超过1%的SAF。美国政府政策，如美国SAF大挑战 (US SAF Grand Challenge) 和欧盟ReFuelEU强制规定，旨在通过激励或强制措施来促进需求，但为了实现这些目标，进一步扩大生产规模将是必不可少的。

SAF (可持续航空燃料) 的生产能力似乎落后于2030年预计的需求。到2024年底，全球安装的SAF产能预计将达到4.4万吨，另外还有6.9万吨的产能扩张计划，包括新建项目和现有设施改造。因此，要达到2030年预期的需求水平，还需要额外的5.8万吨SAF生产能力，而这需要确保到2026年完成最终投资决策 (FID)。

不同的SAF生产技术路径带来了独特的资本支出要求和可扩展性挑战，这些挑战受原料可用性和技术成熟度的影响。以下总结了四种主要的生产技术——每种技术在其成本、成熟度和资本需求方面都有显著差异：

HEFA (氢加工酯和脂肪酸)

：最为成熟和具有成本效益的酸 (acids) 途径，预计HEFA将主导可持续航空燃料 (SAF) 的生产至2030年。其较低的资本支出要求归因于现有的基础设施和成熟的技术，尽管HEFA面临原料限制。

：AtJ是一个有吸引力的酒精制喷气燃料 (AtJ)

2 期权，特别是在具有充足乙醇基础设施的地区。然而，由于需要现场乙醇处理以及用于酒精脱水 and 寡聚化的专用设备，AtJ设施面临较高的资本成本。

：G-FT 煤气化-费托合成 (G-FT)

3 提供高可扩展性，但需要复杂的设施来处理固体原料如生物质。此途径由于需要气化、合成气净化 and 碳捕集技术，资本支出密集。

：尽管PtL持有液态能源转换 (Power-to-Liquid , PtL)

4 大规模SAF生产的潜力巨大，但其资本支出需求也是最高的。PtL依赖于可再生能源、电解和捕获，这些都涉及能量消耗。

CO

2

要实现2030年扩大SAF的规模，本报告基于不同的技术组合提出了三种投资情景。这些情景表明，到2030年，该行业可能需要190亿至450亿美元的资本支出，具体取决于生产组合中HEFA的比例。在更雄心勃勃的脱碳策略下，预计先进的途径如PtL和AtJ将会获得更大的市场份额，尽管HEFA短期内可能仍将占主导地位。

SAF炼油厂的生命周期涉及五个关键阶段：概念化、可行性研究、最终投资决定 (FID)、建设和调试。每个阶段都面临着独特的财务挑战。HEFA路径的成熟度允许更快的时间表，而AtJ和G-FT项目面临延长的开发期。通过长期政策一致性和原料安全来应对政策、市场、技术和原料风险是吸引资本投资的关键。

基于早期成功案例，至少可以探索10个金融杠杆来动员必要的投资：

：早期研究与创新能力资助

1

阶段、具有高风险的可持续航空燃料 (SAF) 技术需要来自政府和慈善组织的赞助以降低前期费用，并使项目对私人投资者更加有吸引力。类似英国先进燃料基金的计划使SAF开发者能够推进工程并与技术提供者合作，以规避项目风险。

：多边开发银行支持

2

多边开发银行 (MDBs) 能够在复杂监管环境的发展区域提供宝贵的专业知识。它们进行可行性研究，并在项目接近最终投资决定 (FID) 时，可能通过债务或股权进行投资，例如欧洲复兴开发银行 (EBRD) 对哈萨克斯坦的KazMunaiGas和Air Astana的支持就是一例。

③：信贷担保，担保和第一损失资本及保险解决方案，如货币风险保险，可以帮助SAF项目降低风险。例如，美国能源部的贷款项目办公室通过提供财务担保来支持SAF生产，提高项目的银行可接受度并降低利率。

与...合作
战略投资

4

航空公司、机场、原始设备制造商（OEMs）和能源企业培养了一个支持性生态系统，并提供了需求保障。航空公司、能源公司和其他投资者最近的投资说明了战略伙伴关系如何提升可融资性。

确保
长期的采购协议

5

绑定、长期与航空公司和企业的采购协议提供稳定的收入并减少需求不确定性，这是达到最终投资决定（FID）的关键一步。例如，国际航空集团（IAG）与PtL生产商Twelve签订的14年协议确保了稳定的收入，增强了项目对投资者的吸引力。

这种方法
书籍与索赔机制

6

允许个人和企业旅行者在资金SAF项目方面发挥更积极的作用，通过范围3排放证书，从而增加需求并多元化收入。正在开发一系列的预订和索赔系统，越来越多的供应商与企业的合作项目正在建立，如世界能源所建立的那些。集体采购平台也正在获得吸引力。

私募股权
私募股权投资

7

资本能够迅速加速SAF项目的商业化和规模扩张。这些投资者通常既带来资本，也带来运营专业知识。例如，EcoCeres筹集了

大量资金来自贝恩资本，这促进了显著的生产能力扩张。

：安全自动化项目
基础设施投资者

8

寻求大规模资本可以吸引那些通常具有较低资本成本和长期投资视野的基础设施投资者。这些投资者提供大量资金和管理专业知识，从而能够建设大型SAF设施。布鲁克菲尔德资产管理公司对Infinium的11亿美元承诺展示了基础设施投资者在扩大SAF生产中所能发挥的关键作用。

使用通行费制的SAF设施
计费模型

9

该模型可以通过向炼油能力收取固定费用，同时客户供应原料并保留所有权，来减轻市场风险。尽管这种模式对于可持续航空燃料（SAF）来说尚处于起步阶段，但它已在其他领域（例如西德罗（Cedar）的液化天然气收费协议）中成功应用，这可能使项目能够在更有利的条件下获得债务融资，因为现金流是可预测的。

：发行与绿色债券相关联
绿色债券

10

SAF生产可以为增加影响驱动的资金提供一种强大的工具。绿色债券有助于SAF项目满足环境标准，并且对影响投资者具有吸引力。

新建立的绿色原厂可持续航空燃料（SAF）精炼厂对于行业实现其2030年气候目标至关重要。本报告中提出的合作结构和融资模式可以帮助打破障碍，促进未来SAF生产和飞行的可持续性。这些模式中的任何一个都不能单独工作——为了扩大SAF的规模，项目开发需要尽可能探索这些选项中的每一个。

1 资本需求以满足2030年需求

总估计的资本支出 (CapEx) 以满足到2030年对可持续航空燃料 (SAF) 的需求，范围在190亿美元至450亿美元之间，具体取决于所采用的技术路径。

1.1 产能需求以满足2030年对SAF的需求

到2030年，根据目前航空公司的需求承诺，预计对可持续航空燃料 (SAF) 的需求量将达到每年约1600万吨。

第一步，在量化未来可持续航空燃料 (SAF) 行业融资需求的过程中，是评估满足航空公司对SAF需求所需的生产规模。

需求：航空公司的承诺。

到2030年，根据航空公司当前的承诺需求，预计可持续航空燃料 (SAF) 的需求量将达到约16 Mt/a (每年一百万吨)。¹ 这代表着到2030年约4-5%的航空燃油总需求 (约370百万吨)。² 假设这种需求转化为供应，并且根据2030年使用的可持续航空燃料 (SAF) 的生命周期排放以及通过更高的发动机效率实现的附加节约，

在2030年之前，国际民航组织 (ICAO) 同意实施全球视野，实现国际航空业碳排放量减少5%，因此可能得以实现。

然而，在如何在不同地区和航空公司履行这一承诺方面存在显著差异。超过80%的需求由15家航空公司推动。例如，FedEx、DHL和UPS等货运航空公司设定了到2030年的最高SAF目标。而最具雄心的客运航空公司则坚持到2030年实现平均10%的SAF目标，与世界经济论坛的目标高度一致。^明 天清洁的天空雄心。在这些航空公司集团中，只有三家 (法国航空-荷兰皇家航空、DHL和英国国际航空集团) 在2023年已经将可持续航空燃料 (SAF) 用于其总燃料需求的超过1%，其中DHL以2023年燃料消耗的3%领先 (详见下文重点) 。

案例研究 1

DHL作为排名第一的SAF消费者引领行业。

DHL致力于将温室气体排放量降低至以下水平：e) 2900万吨二氧化碳当量 (Mt/CO₂)

² 截至2030年。这代表相对于其e.1和2范围排放减少了42%，3范围排放减少了25%。

2021年的基准为39 Mt/CO₂

公司减排策略的一个重要部分是增加可持续航空燃料 (SAF) 的使用——因此，DHL设定了一个雄心勃勃的目标，即到2030年实现30%的SAF混合比例。

2023年，DHL使用了72,000吨 (72kt) 的可持续航空燃料 (SAF)，这占其总燃料消耗的约3%——使他们在绝对量上成为最大的SAF消费者。

为了实现其可持续航空燃料 (SAF) 的雄心，DHL已与法荷航空马丁航空货运合作购买约25千吨SAF，与bp和Neste合作购买至2026年约630千吨SAF，并与世界能源公司确保2023年至2030年间约530千吨SAF。

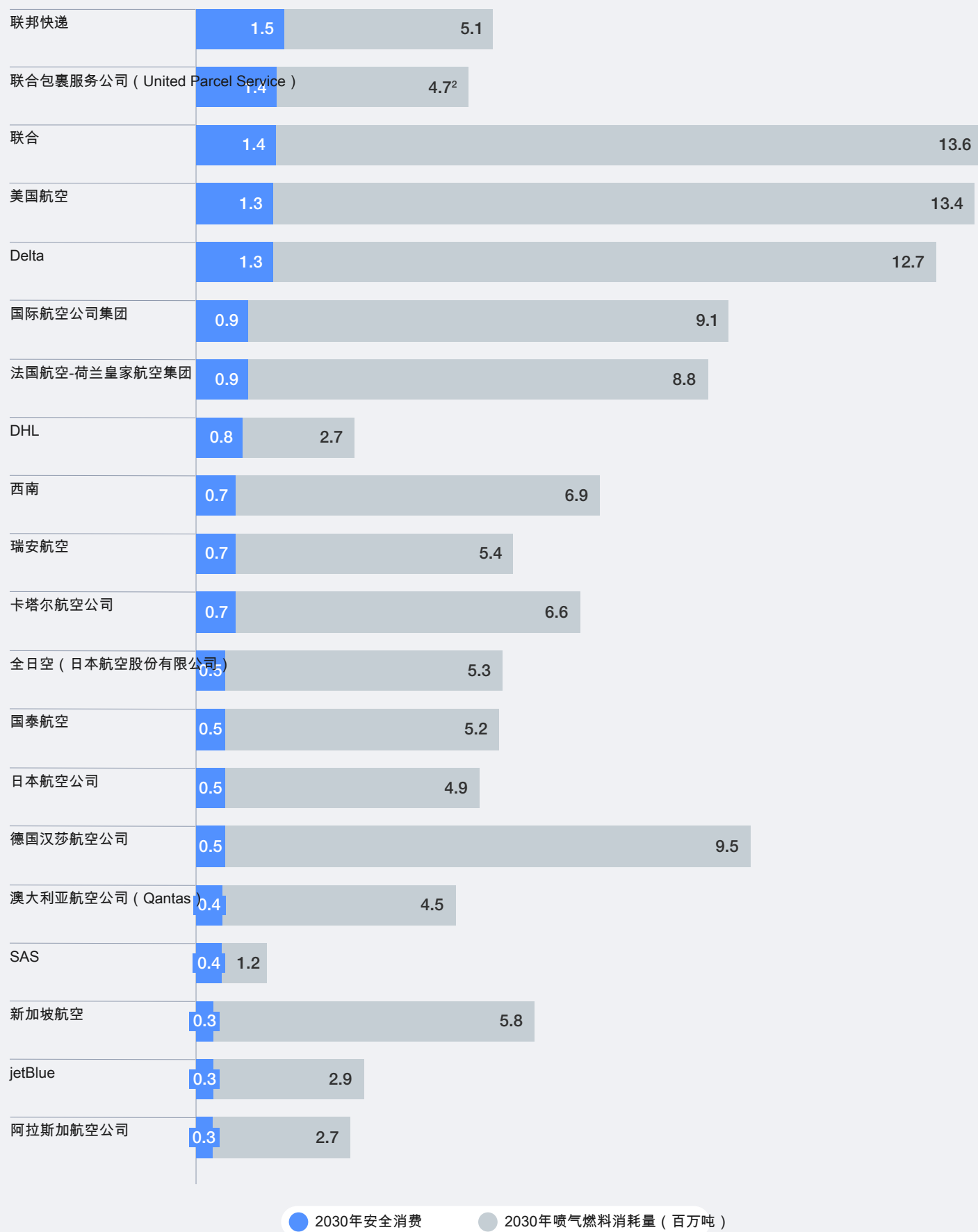
几家航空公司更侧重于总体碳排放减少目标，且不公开具体的可持续航空燃料 (SAF) 混合比例目标，强调SAF是飞行员可采取的、用以减少排放的一揽子措施之一，同时与机队相关。

更新、运营效率和基于市场的机制，如补偿机制。图1显示了具有最高显式可持续航空燃料 (SAF) 混合目标的前20家航空公司。它们代表了所有全球自愿承诺的90%以上 (15.3Mt)，共计全球自愿承诺量 (16.3Mt)。

图1

估计前20大SAF消费国的SAF和喷气燃料消耗量，2030年（百万吨，Mt）

1



基于预测的2030年燃油消耗和自愿承诺的估计。UPS设定了到2035年实现30%可持续航空燃料 (SAF) 的目标，在此处用于2030年的数据。
 备注：1. 2. 美国能源信息管理局 (EIA)、航空公司年度报告和新闻稿；不包括航空公司特定的燃料效率计划。亦见
 来源：脚注#1。

总需求量预计到2030年将达到1710万吨/年——约占喷气燃料需求的5%，这是政府规定和目标指定的SAF（可持续航空燃料）。

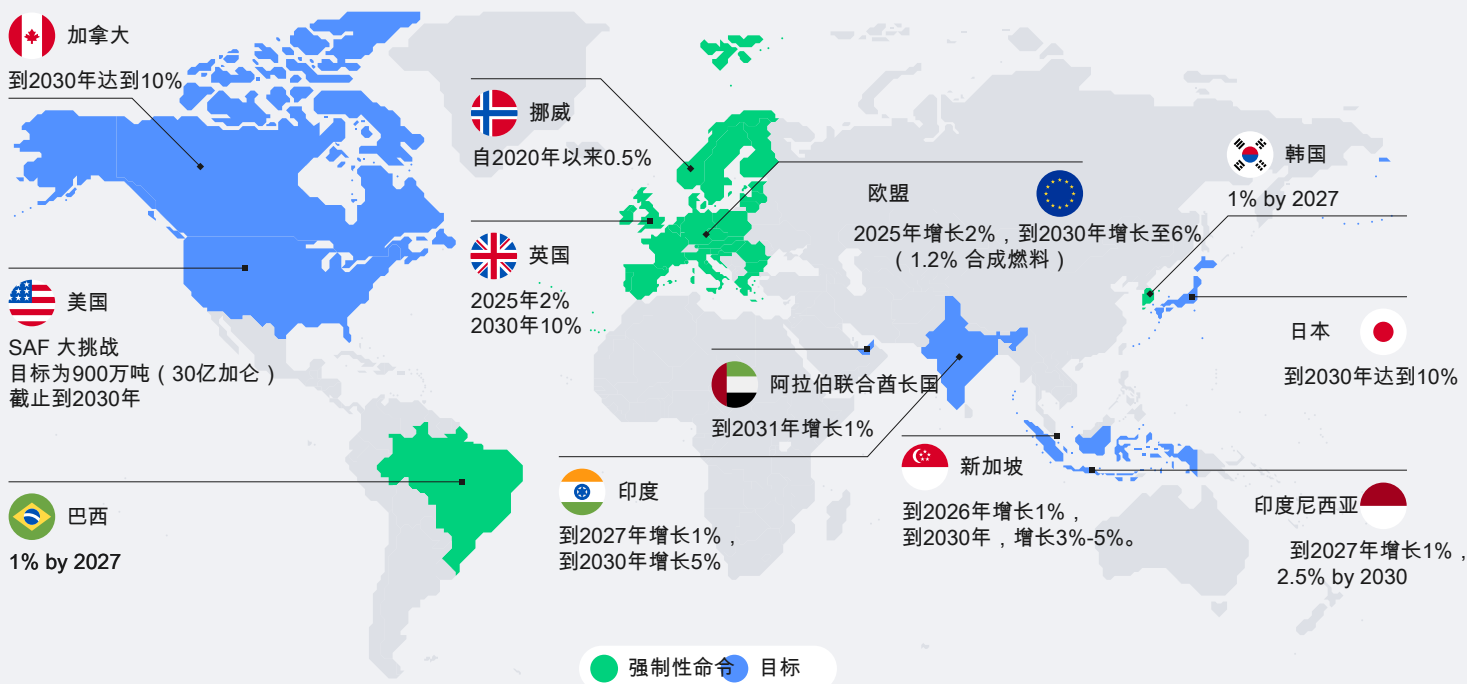
需求：强制性和目标

由于航空公司的公开声明并不一定是具有约束力的，了解2030年对可持续航空燃料（SAF）的需求，同时关注各国引入的法规和目标也同样重要。欧盟、英国、巴西和韩国宣布了将在2030年逐步增加的法规。这些

强制性规定代表总共约5.3亿吨/年的需求估计。此外，其他国家已宣布到2030年的SAF（可持续航空燃料）目标。例如包括美国。³ 加拿大、新加坡、日本、印度、印度尼西亚和阿联酋（UAE）。基于这些目标，预计将增加11.8 Mt/a的需求。因此，到2030年，规定的和目标的总需求预计将达到17.1 Mt/a（约占2030年喷气燃料需求的5%）。

图 2

非全面概述各国安全气囊（SAF）法规和目标



数据准确至2024年10月。
注意：各种。
来源：4

供应

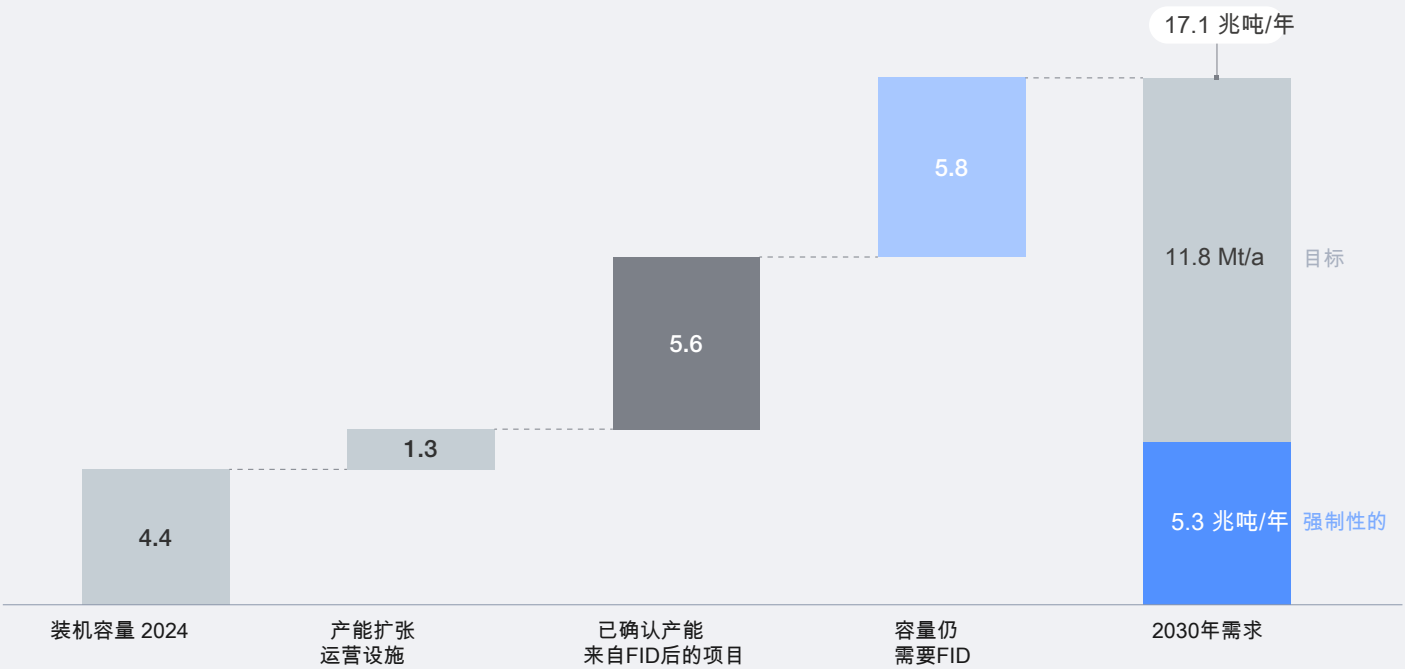
截至2024年底，全球安装的SAF（可持续航空燃料）产能预计将达到4.4 Mt/a。⁵ 这些设施的年度总SAF产能预计到2030年将再增加1.3万吨。此外，还将新建5.6万吨/年的SAF专用产能。

基于已通过最终投资决策（FID）的项目，可能于2030年上线。

当考虑到到2030年的总强制和目标需求（如上所述为1.71亿吨）时，因此全球需要再安装5.8亿吨/年的可持续航空燃料（SAF）生产能力以匹配需求（见图3）。



图3 2024年至2030年SAF产能爬坡概述



Mt/a = 每年百万吨。FID = 最终投资决策。
注：凯恩尼分析，标普普氏，国际能源署（IEA），航空公司公告。容量数据包括联合处理。
来源：

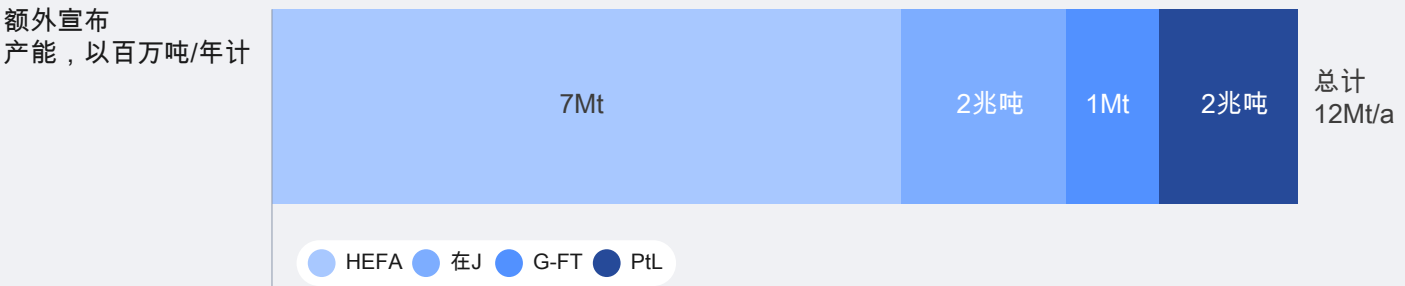
基于利益相关者协商和迄今为止的部署率，一个绿色场地的SAF生产设施平均需要四到六年的时间才能达到其全部产能；因此，这个5.8Mt的产能需要在2026年底前通过最终投资决定（FID）阶段。或者，减少可再生柴油的生产计划，目前利润较高且需求旺盛，或者选择对现有化石燃料炼油厂进行改造，都可能提供产能提升的机会。但是，道路运输对生物燃料需求的增加可能导致项目开发采取不同的收入优化策略。

地区不平衡也需要得到缓解。在欧洲，特别是，现有的装机容量将占年度可持续航空燃料（SAF）的1.7 Mt。

生产。这仅占由ReFuel EU和英国推动的预期强制需求5.1Mt的三分之一。因此，欧洲将需要要么显著扩大本地产能，要么严重依赖进口，很可能是来自美洲或亚洲。

截至2024年8月，管道中已宣布12Mt的SAF产能。为了弥合上述确定的供需差距，近一半的宣布产能需要很快完成最终投资决定（FID）。而HEFA目前占安装产能的99%，但在宣布的非运营产能中仅代表约60%，其次是AtJ和PtL各占约15%，G-FT占10%（见图4）。

图4 概述目前已宣布的预财务决定（FID）前的SAF（可持续航空燃料）产能



HEFA = 水解酯类和脂肪酸，AtJ = 醇到油，G-FT = 燃烧-费托合成，PtL = 电能到液态燃料。
注释：凯恩尼分析基于市场参与，标普全球生物燃料价值链服务。
来源：6

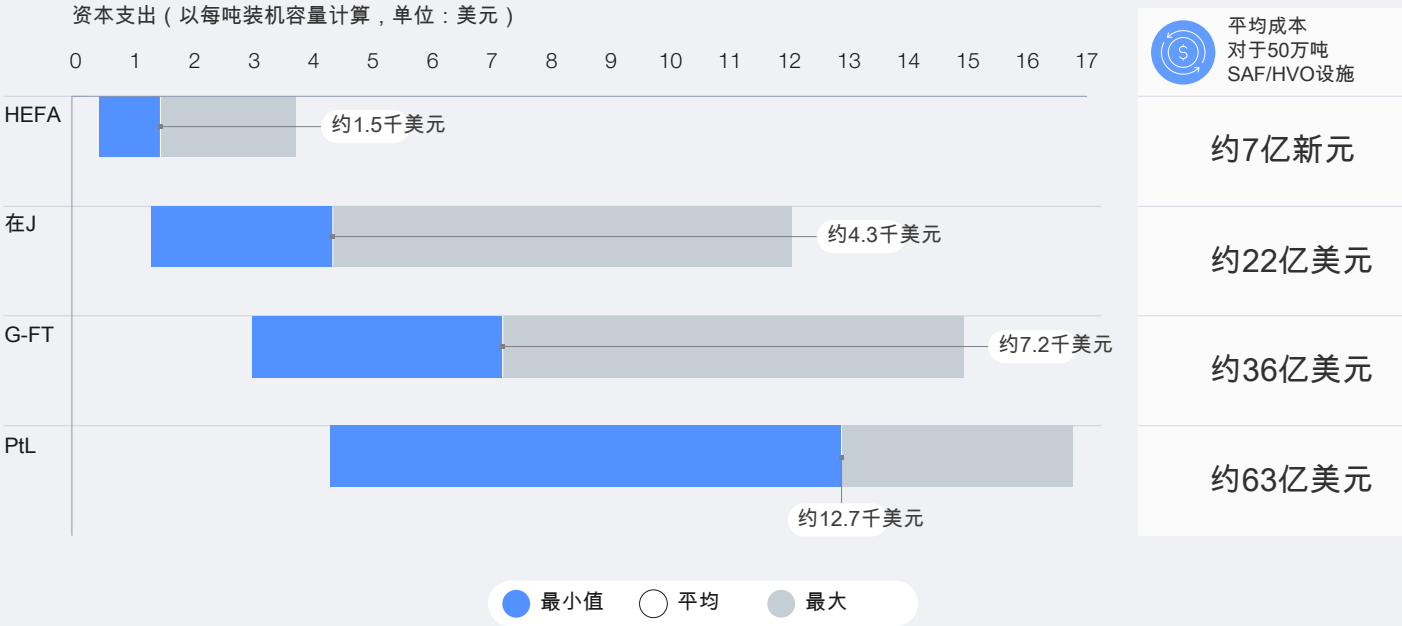
1.2 途径的成本要求

每个SAF路径都伴随着独特的资本支出（CapEx）驱动因素，这些因素在很大程度上受到技术复杂性和成熟度以及所需基础设施的影响。图5提供了一个基于对项目调查的绿田生产设施估算CapEx的箱线图概览。

开发者。虽然生产早期阶段使得这些数字存在不确定性，正如预期的那样，HEFA似乎是资本支出最少的途径，其次是醇制航空燃料和气化费托合成。目前，电力制液仍然是成本最高的可持续航空燃料途径。

图5

概览：新建SAF精炼厂资本支出需求，按路径（美元/吨）



HVO = 水解植物油。由于缺乏可靠的数据点，PtL 的定价大致估计。注：1. 2. 凯恩利对至少80万吨产能的约50家生物精炼厂的分析与披露。来源：

“HEFA是预计到2030年，由于其技术成熟度和相对适度的资本投资需求，将仍然是生产可持续航空燃料（SAF）的最高效途径。”

本分析主要关注目前被开发和批准用于飞机中SAF用途的主要SAF生产工艺途径。为了达到足够的规模，重要的是继续在途径内以及完全新的途径中寻找替代解决方案。例如，为了进一步扩大现有途径，如HEFA，正在进行研究以克服原料限制。例如，巴西能源公司Acelen Renewables正在研究巴西棕榈油，以及GAFT，一家专注于绿色航空燃料技术的荷兰公司，通过电化学和发酵将原料转化为燃料。

额外的生产工艺也在开发中，例如Firefly Green Fuels等公司计划利用水热液化技术将污水废物原料转化为可持续航空燃料（SAF）。如

很难对这些新兴技术进行成本估算，它们尚未包括在本分析中。还值得注意的是，为飞机中的可持续航空燃料（SAF）使用获得ASTM认证将是吸引投资的必要条件。

HEFA

HEFA预计将一直是到2030年为止生产可持续航空燃料（SAF）最有效的途径，这得益于其技术的成熟度以及与其他SAF途径相比相对适度的资本投资需求。其效率主要归因于采用已建立的氢处理技术，这种技术在过去几十年中已被用于生产大多数精炼燃料，包括可再生柴油和喷气燃料。

④ 尽管对于AtJ设施的投资通常高于HEFA，但这条路径仍然具有吸引力，尤其是在乙醇生产和基础设施丰富的地区。

所需用于新建设施的primary基础设施包括：

1. 降低风险

原料预处理，这种预处理会使得原料中的杂质毒化催化剂并降低工艺效率。这些设施复杂性的程度取决于所使用的原料的种类和质量。使用更均质原料的设施在预处理方面的资本支出（CapEx）可能低于能够处理更广泛范围油脂或脂肪的工厂。

2. 该转换

水处理单元通过加氢和异构化将脂类原料转化为喷气燃料。虽然这些步骤在商业上已被证明可行，但由于反应需要高压和高温，这些步骤仍然代表了相当一部分的资本支出。

3. 作为关键输入因素，

氢气生产中水处理反应。如果从外部设施供应，氢气受市场可用性的影响，或者可以现场生产，但这将显著增加资本支出需求。

醇基喷气燃料

虽然Alcohol-to-Jet设施的投资资本通常高于HEFA，由于转化过程的复杂性，该路径依然具有吸引力，特别是在乙醇生产和基础设施丰富的地区。

影响因素，影响酒精到喷气燃料（SAF）精炼厂资本支出（CapEx）需求的有：

1. 虽然许多酒精制航空煤油

乙醇生产设施依赖于外部供应商提供乙醇，可能存在战略或物流需求，将乙醇生产设施整合到整体可持续航空燃料（SAF）项目中，尤其是在稳定乙醇供应链尚未完全发展的地区。现场乙醇生产显著增加资本支出（CapEx）需求，这由生物质处理、发酵和蒸馏的需求驱动。

2.：

酒精脱水与缩合单元，这些单元将醇类转化为烃类，占据资本支出的很大一部分；它们必须在高温高压下运行；此外，还涉及需要定期更换的催化剂。

3. 鉴于乙醇

原料处理是一种液态原料，相比于用于HEFA的基于脂类的原料，其处理和储存基础设施更为简单。然而，由于乙醇更易挥发和燃烧，设施必须投资于专业的储存和运输，尤其是在乙醇的情况下。

供应链尚未得到充分发展。能够处理不同类型的酒精，例如丁醇，也将增加资本支出（CapEx）要求。

煤气化-费舍尔-特罗普合成

气体化-费托（G-FT）途径目前是生产可持续航空燃料（SAF）的一种高资本支出（CapEx）选项，这主要归因于所需工艺设备的高度复杂性和规模。该技术涉及将固体原料气化合成合成气（一种氢气和一氧化碳的混合物），然后通过费托过程将其转化为烃类。

煤气化-费托合成生产过程中推动资本支出（CapEx）的关键步骤是：

1.：

原料预处理和处理

不同的原料需要特定的预处理步骤。生物质通常更为异质且难以处理。此外，生物质体积庞大，能量密度较低，并且会随时间降解，这要求具有复杂的供应链和储存能力。相比之下，市政固体废物或工业废物流通常采购成本较低，尽管它们也面临着自身的挑战，如监管要求、分类和清洁。

2. 此过程转换

将富含碳的原料在高温下气化合成合成气。为此所需的基础设施由于涉及高温和高压，代表了一部分投资。这种方法还需要复杂的排放控制系统来管理气体和颗粒物的排放，这增加了总的资本投资。

3.：合成气

合成气净化和预处理过程中含有杂质，如硫、焦油和颗粒物，这些杂质必须被去除。合成气净化和预处理阶段涉及各种过滤、洗涤和化学过程，每个过程都需要专门设备。这一阶段对于确保费托-特罗普催化剂的长期使用效率和性能至关重要，但由于所需复杂性和精确性，这显著增加了资本支出。

4. 在合成气之后

费舍尔-特罗普斯反应产生的物质通过费舍尔-特罗普斯工艺转化为烃类。费舍尔-特罗普斯反应器需要高容量基础设施，以在升高的压力和温度下连续运行，这也推动了显著的能源消耗。

④ 铂钡锂路径的资本支出 (CapEx) 比其他安全航空燃料 (SAF) 路径显著更高, 但与生物燃料替代品不同, 它可以被轻松扩大规模。

5. 给定
碳捕获和存储 (CCS) 期间的碳捕获和存储 (CCS)
大量CO₂
煤气化, 整合碳捕集与封存 (CCS) 技术对于实现负或接近零的生命周期排放正变得越来越重要。实施CCS需要额外投资于气体分离、压缩和储存基础设施。在某些情况下, 移除的气体可以重新用于其他领域。
CO₂
工业流程, 这可能抵消一些运营成本。

电力转化为液态

与其他合成航空燃油 (SAF) 途径相比, 电力转化为液体 (Power-to-Liquid, PtL) 途径, 生产出也被称作电子燃油或电子SAF的燃料, 所需的投资资本 (CapEx) 显著更高。这主要是由该过程的复杂性和能源强度驱动的, 该过程涉及多个步骤以将可再生能源电力和水转化为合成燃料。需要显著的创新和CO₂

在数年内, 为了使这一途径与传统喷气燃料相比具有成本竞争力, 将需要采取一系列措施。然而, 与生物燃料替代品不同, 这一途径可以轻易地扩大规模。

主要推动PtL资本支出的基础设施组件包括:

1. 用于从...生产氢气的电解槽: 这些设备由...供电
水电解制可再生能源 (例如太阳能或风能)。这些方法目前成本较高, 并且需要大量资源。

能源, 成为总体资本支出 (CapEx) 的最大贡献者。

2. : PtL设施

可再生能源基础设施依赖可再生能源为电解和其他工艺供电。一些项目可以通过电力购买协议 (PPAs) 使用现有电网, 从而降低前期成本。其他项目可能需要建设现场太阳能或风农场, 在可行的情况下, 这会增加资本支出 (CapEx), 但会改善长期能源安全。由于电解槽需要连续运行, 而可再生能源具有间歇性, 能源存储解决方案, 如电池, 将进一步增加资本支出。

: PtL途径

3. 捕获与处理
CO₂

源, 它可以来自
需要一个可靠的CO₂

从工业排放、生物质或直接空气捕获通常捕获 (DAC)。工业CO₂

涉及因CO₂更高的资本支出降低。

浓度需要靠近发射源。此外, 如果是从工业流程中捕捉到的, 还存在监管限制。

CO₂
4. 反水煤气变换和费托合成
来源和燃烧化石燃料。DAC提供地点灵活性, 但由于其低密度工艺和先进的过滤系统, 涉及显著更高的资本支出。
生产并捕获后, 它们被转化为合成气, 进一步转化为碳氢化合物。除非设施能依赖近距离内现有的产能, 否则这也会有所贡献。
总体资本支出



1.3 投资需求以适应2030年的需求

④总计
估计资本支出
承诺
必须履行
对可持续航空燃料 (SAF) 的需求
截至2030年的范围
介于190亿美元
和 450 亿美元。

为了估算满足预期2030年SAF需求的总体投资需求，已经模拟了三种不同的情景。情景之间的差异是由它们的路径组合驱动的：

- 恒发 (HEFA) 始终保持领先地位
情景1路径可能性达到99%，假定原料允许此规模，同时进行一些类似于今天现有路径混合的小规模AtJ试验。
- 替代路径正在显现
情景2：展现出有前景的结果，逐渐夺取HEFA的一部分份额，类似于近期已获得最终投资决定的项目组合路径。

- ：高级途径超越HEFA
情景3在更快速地扩展，特别是在AtJ和PtL的市场份额增长更为显著，各自代表着大约15%的途径组合。

将5.8 Mt (图3) 的总需求容量乘以平均投资成本 (图5)，到2030年满足可持续航空燃料 (SAF) 需求所需的总估算资本支出 (CapEx) 承诺金额介于190亿美元至450亿美元之间。

表 1 概述按场景估计的总资本支出

情景1	混合比例	SAF产能 (百万吨)	收益率 (最大安全收益率)	生物产能 (百万吨)	成本/吨 (美元)	费用 (十亿美元)
HEFA	99%	5.75	48%	12.11	\$1,500	\$18
在J	1%	0.06	46%	0.13	\$4,300	\$0.6
G-FT	0%	-	60%	-	\$7,200	-
PtL	0%	-	60%	-	\$12,700	-
总计						\$18.6
场景2	混合比例	SAF产能 (百万吨)	收益率 (最大安全收益率)	生物产能 (百万吨)	成本/吨 (美元)	费用 (十亿美元)
HEFA	81%	4.73	48%	9.96	\$1,500	\$14.8
在J	3%	0.20	46%	0.43	\$4,300	\$1.8
G-FT	6%	0.34	60%	0.57	\$7,200	\$4.0
PtL	9%	0.54	60%	0.90	\$12,700	\$11.5
总计						\$32.2
场景3	混合比例	SAF产能 (百万吨)	收益率 (最大安全收益率)	生物产能 (百万吨)	成本/吨 (美元)	费用 (十亿美元)
HEFA	60%	3.49	48%	7.34	\$1,500	\$10.9
在J	15%	0.87	46%	1.88	\$4,300	\$8.1
G-FT	10%	0.58	60%	0.97	\$7,200	\$6.9
PtL	15%	0.87	60%	1.45	\$12,700	\$18.5
总计						\$44.5

基于市场参与情况的凯恩尼分析，S&P Global 数据来源：

2 项目生命周期及SAF炼油厂的资金需求

资金对SAF精炼厂面临一系列政策、市场、技术和原料风险。这种高风险和高回收期的组合构成了一个具有挑战性的局面。

2.1 项目的SAF生命周期概述

从概念化到最终投资决策的过程通常持续两到五年。

要全面运营一个SAF炼油厂，操作员必须通过五个关键阶段（见图7）：

1. 在概念化和可行性前期研究，对初始SAF工厂理念的探索以及概念设计的完成。
2. 可行性和前端工程设计，以完成技术并对（FEED）设计项目规范进行评估，从技术经济角度评估项目成功的可能性。
3. 项目融资和最终投资，当涉及预算、成本和决策（FID）的回报被仔细审查，以决定是否进入施工阶段。
4. 在建设并实施SAF设施。
5. 在期间，所有设备安装和测试按照要求进行，燃料生产逐渐提升至标牌容量。

从概念化到最终投资决策的旅程通常需要两到五年时间。在此之后，通常

需要额外两到三年时间达到试运行阶段，再需数年时间才能实现全面运营。

截至2024年8月，共有90家炼油厂（包括新建和改造的）至少生产过一批可持续航空燃料（SAF）。此外，大约60家炼油厂已经通过了最终投资决定（FID），并正在建设中。还有200多家炼油厂已经宣布，它们正处于概念化和准备进行最终投资决定（FID）的阶段。

与每个项目开发阶段相关的资金需求各不相同。概念化阶段通常不需要大量的资金。SAF炼油厂首次重大的资本支出通常是前端工程和设计。FEED是一个重大的任务，因为它产生了创建工程、采购和建设（EPC）合同所需的详细文件，成本在很大程度上取决于技术的复杂性。一旦这一阶段完成，费用就限于法律和咨询费用，以帮助提供信息和通过投资决策。这一投资决策是数百万或数十亿美元投资（根据产能和技术而定）得以确认的时刻。



图6

绿地SAF生产设施的生命周期



FOAK = 首创型。此数字也包括了完全成熟且运营的工厂。

注意：凯恩尼分析，专家访谈，标普全球。

来源：

为了投资新技术，投资者将希望得到保证，生产途径有潜力在飞机上安全使用。

整体时间表可能会有显著差异，受多个关键因素的影响，其中一些包括上述讨论中影响资本支出需求的因素：

— 成熟度

所选生产途径的技术成熟度在确定项目开发时间表方面起着重要作用。HEFA途径已在商业规模上成功证明，同时也有迹象表明醇制喷气燃料设施具有可行性。然而，开发HEFA的技术挑战也可能出现，影响项目时间表，并最终影响首次投资决定 (FID)。使用煤气化费托和电力制油技术的设施可能需要更长时间才能建成。

— 位置选择

设施的位置至关重要，因为它直接影响到获取关键资源，如廉价可再生能源或绿色氢气、丰富的原料以及燃料分配基础设施。原料往往位于基础设施、监管环境和供应链可能不太成熟地区，这增加了中断和项目延迟的可能性。

— 运营商有

运营商在构建和管理过程中的经验

大规模化工企业往往可以加速项目生命周期，尤其是在初期阶段。一个在第三个或第四个工厂工作的操作员可能能够简化某些流程，缩短整体时间表。然而，寻找具有适当专业知识和风险管理能力的EPC操作员具有挑战性，尤其是当多个工厂同时寻求扩大规模时。

— 确保

外部资本需求、充足的投资是一个复杂且耗时的过程。在大多数情况下，需要多种融资渠道。这需要多个投资者和融资/发展机构。如果一个开发商能够为项目投入大量股本，这可以简化并加速融资过程，可能缩短项目融资阶段。

如果提议的技术未经ASTM批准，这将在很大程度上增加项目融资的复杂性。获得技术认证涉及从燃料规范审查到完整飞机和发动机测试的四步方法，这可能需要三到六年的时间，并可能花费高达600万美元。⁷ 为了投资新技术，投资者希望得到保证，生产途径有潜力在飞机上安全使用。

2.2 项目的整个生命周期中面临的筹资挑战

每个阶段都伴随着多种风险，概括为以下四个主要类别：

- 激励措施的长效性，不稳定性
政策风险和政策的 inconsistency，包括不明确或短期指令、在其他行业（除航空业外）使用可再生能源的激励措施、不兼容的区域标准、在发放运营或环境许可证方面的问题以及贸易壁垒。
- 市场风险中的不确定性和波动性
价格不存在固定价格结构时。
模糊或非约束性需求信号，短期术语或少量采购协议，
买方或买受人的信用度、风险
生产商违约和对齐不足
在账簿和索赔系统中。

- ：FOAK（功能可用性成熟度）的技术成熟度
技术风险工厂，以及实现成本竞争力生产和扩大运营的挑战。

- 原料供应情况（例如，二手原料风险（针对PtL）
食用油用于生物能源，生物质燃料²
高波动价格水平和可持续性担忧（例如，间接土地利用变化，与食品的竞争）。

图8提供了每个阶段最相关的风险的总体概述，但需要注意的是，上述风险往往是相互关联的，政策的长久性和一致性是推动进入长期采购意愿的主要驱动力，例如。

图7

概览各阶段关键风险



政策风险



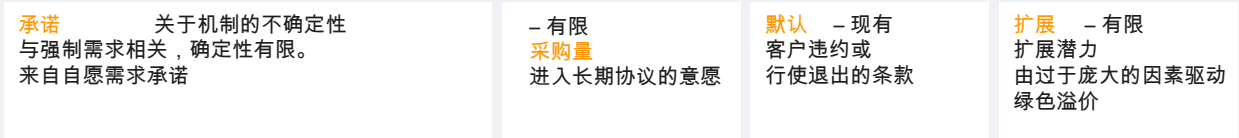
- SAF政策的局限性，这些政策不符合SAF的生命周期，对其他可再生能源更好的激励措施。
稳定性/持久性
燃料（例如生物柴油）导致可持续航空燃料（SAF）设施的重用

全球范围内缺乏统一的可持续性认证方案（例如：CORSIA/GREET/RED）认证

许可 — 许可证
未按时完成



市场风险



技术风险



原料风险

可用性 — 由供应受限导致的原料采购挑战和高价格，特别是对于HEFA途径

可持续发展 — 关于原材料可持续性的担忧，尤其是对……
HEFA 和 AtJ

凯恩尼关于未来机场的分析，基于利益相关者的反馈。来源：

SAF设施由于高风险和长期回报期的组合，面临着重大挑战。养老基金、资产管理公司和商业银行各自以不同的方式应对这一挑战。

概念化和可行性预评估

SAF设施由于高风险和漫长的回报期而面临重大挑战。对于首次（FOAK）设施，从项目启动到运营可能需要长达八年的时间，导致回报延迟和不确定性增加。养老基金、资产管理公司和商业银行各自以不同的方式应对这一挑战。虽然养老基金和资产管理等长期投资者可能更愿意接受延长的回报期，但他们通常不愿意投资于高风险项目，如早期SAF设施。与此同时，银行通常寻求更快的回报和更低的风险，因此参与意愿更低，因为这些长期时间和增加的风险与他们的投资模式不符，直到项目接近商业化，并呈现更清晰的收入生成路径。

2 可行性研究、前期工程设计及设计

在可行性研究和详细工程设计与估算阶段，安全航空燃料（SAF）项目面临着严峻的财务和监管挑战。高昂的成本预测对商业案例构成压力，并可能根据项目的技术可行性急剧上升。围绕监管框架的不确定性加剧了这些财务压力。SAF生产的激励政策和措施可能会随时间变化或在各地区存在显著差异。此外，监管时间表并不一定与漫长的项目生命周期相匹配。这种监管的不确定性使金融家进行长期规划和财务预测变得困难。

此外，SAF生产设施进军新兴市场面临额外的“市场先驱”风险。这些市场可能对SAF的监管法规不清或正在演变，为已经具有挑战性的在当地政策中导航并确保合规的任务增加了另一层复杂性。可扩展性担忧，尤其是与原料供应和价格相关的问题，也带来了重大的挑战。不同区域和框架间在认证标准上缺乏一致性，进一步复杂化了有效扩大运营的能力。

3 项目融资和最终投资决策

在最终投资决策阶段，关键挑战是在高风险条件下确保充足的资本。随着资金需求增长，由于风险加剧，吸引投资变得更加困难。

风险，包括需求与供应的不确定性、现金生成能力和运营成功。项目融资需证明经济效益。在市场价格不确定和SAF溢价支付意愿不明确的情况下，这变得极具挑战性。

卸货协议旨在克服这一挑战，但由于燃料是航空公司的主要运营成本之一，可能会影响低利润市场的竞争力，因此很难确定。然而，航空公司并非唯一的卸货方，商品交易公司或基础设施资产所有者等中介机构也可能签订协议，从而降低航空公司可能带来的交易对手风险。这种中介角色在报告后面将要讨论的收费模式中尤为重要。

这些对SAF的投资通常与其他清洁能源投资存在竞争，要求投资回报与其它技术的回报相当，以便SAF具有吸引力。此外，关于原料的可用性和成本仍持续存在担忧，这构成了总运营费用的重要部分。原料供应的不确定性将进一步复杂化必要的财务规划和风险评估，这对于确保所需资金至关重要。

4 建设和实施

施工和实施阶段带来了一系列运营和财务风险，需要细致管理。建立SAF生产设施的过程本身很复杂，涉及先进技术和重大的物流协调。这一阶段充满了潜在的风险，包括施工延误、成本超支和技术难题，这些都可能危及项目的进度和预算。此外，实施阶段还需要协调各种利益相关者，包括承包商、供应商和监管机构，他们各自可能带来独特的挑战。

监管障碍可能导致延误，如果在及时 manner内未获得环境批准和永久运营许可。收入风险仍然适用，由政策和整体市场发展的不确定性驱动；因此，确保建设保持在预算内至关重要，因为任何超支都可能耗尽开发商的财务资源并影响投资者信心。这一阶段的高风险性质需要强大的风险管理策略，以防范可能使项目脱轨的意外复杂情况。

⑤ commissioning and operation

在调试和运行阶段，随着项目从建设转向积极生产，筹资挑战持续存在。投资者在这一阶段寻求保证，确保设施能够高效运行并实现其生产目标。在调试和运行期间出现的任何技术困难或延误都可能引发对项目产生稳定收入能力的担忧，这反过来可能导致后期工厂关闭。来自工艺许可方和EPC承包商的可银行化的工艺保证对于跨越这一阶段至关重要。

扩大生产以满足市场需求也需额外的资本，特别是为了解决供应链中的任何差距，例如原料供应。

采购或物流能力。这种进一步投资的需求如果在前一阶段已经使财务资源紧张，可能会面临挑战。投资者将密切审查该设施的前期表现，任何早期运营问题可能会阻碍筹集规模扩大所需的额外资金的能力。

此外，与常规燃料相比，SAF生产的持续高成本可能会导致筹资困难加剧，因为投资者可能会质疑项目在规模化后的长期盈利能力和可持续性。当满足更高付费早期采用者的需求后，高成本也可能限制扩大规模的机会。



杠杆吸引更多资金进入SAF生产设施

十个杠杆可以帮助加速对可持续航空燃料（SAF）的投资——这些杠杆来自现有的成功案例，包括公共、私人以及混合融资。

吸引资金用于可持续航空燃料（SAF）精炼厂是一个具有挑战性的过程，需要与广泛的利益相关者接触，并探索多种金融工具和机制（见图9）。根据在论坛“未来机场”社区内进行的一系列区域圆桌会议和访谈，已确定10个可从现有成功案例中学习的杠杆，以帮助加速对SAF的投资。

这些选项不应孤立追求。SAF生产商和投资者必须共同努力，将它们结合起来，以提供最佳的融资和降低风险手段组合。当公共和私人资本都被投入时，这被称为混合融资。

混合金融是战略性地运用发展金融、慈善资金和公共资金，以动员那些否则不会投入的私人资本流动。⁸ 它通常用于为新兴市场的可持续发展项目提供资金，但越来越多地被用于成熟市场的新技术，如SAF。目标是实现商业、行业和公共/慈善资金之间的风险分配平衡。

即将推出的Finvest Hub倡议，由国际民用航空组织（ICAO）在其2030年将国际航空碳足迹减少5%的目标之际宣布，朝着这个方向发展。它将作为新项目与公共和私人投资者之间的红娘。此外，ICAO将致力于建立一个气候融资倡议或资金机制，以吸引公共资本。

图8

概述混合融资投资结构



以下是吸引资金的前三个杠杆，它们与公共资金相关。第4至6个杠杆更多是指向更广泛的行业生态系统，有助于在公共和机构投资者之间架起桥梁。第7至10个杠杆旨在吸引更高资本、更低风险类型的投资。

杠杆1 申请研究/创新资助以开发独一无二的设施

资金来源		
		
公共资金	行业资助	机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	醇基喷气燃料	G-FT	电力转化为液态
低	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设	委派
高	高	高	低

补助金因其不可偿还性而效果良好，这给予SAF生产商在使用资金以实现项目目标方面的自由度。

政府和有时是慈善机构可以为早期、高风险的SAF技术提供关键资金。此类投资至关重要，因为大多数其他投资者，如机构投资者、行业参与者和商业银行的风险承受能力过高。他们的支持通常以研究或创新补助的形式提供。

政府对此感兴趣，因为他们可以投资于与公共政策目标和政治宣言直接相关的事业，例如减少碳排放、增强国家能源安全，以及通过创造当地就业刺激更广泛的经济增长。

对于受益者来说，补助金非常适用，因为它们是不可偿还的，并且通常可用于广泛的各项活动。这为SAF生产商在使用资金以实现项目目标方面提供了自由度。虽然补助金是不可偿还的，但它们附带问责措施，如报告和绩效评估，以便政府能够跟踪其投资的影响。

政府可能会向尚未获得大额股权投资的寻求建立SAF（可持续航空燃料）生产商提供补助。补助金额从几十万美元到数百万美元不等。



英国先进燃料基金对阿尔法纳尔能源的投资

1.65亿英镑的先进燃料基金（AFF）是什么？由英国政府在2022年12月推出，作为推动英国可持续航空燃料（SAF）开发和商业化的更广泛战略的一部分。

它旨在实现至少比传统喷气燃料减少70%温室气体排放的SAF途径。AFF补充了英国政府的其他努力，包括到2030年至少在航空业中强制使用10%的SAF。⁹

该基金旨在覆盖从建设开始前的所有发展阶段。拟建工厂必须已达到技术准备水平（TRL）5（试验工厂）才有资格申请；并且一旦投入运营，必须达到至少TRL 6-8（小型示范、大型示范或首次批生产规模）的水平。¹⁰

总投资额为1.35亿英镑，涵盖13个项目。如何？（四个AtJ项目，四个G-FT项目和六个PtL项目）。项目的选择由四个标准定义：

①（5%）：项目目标的清晰度
项目相关性与对基金目标的关联性。

②（30%）：对以下内容的评估
技术方法

可信度、技术创新和技术的进步、燃料认证以及拟建工厂预期的环境影响。

③（20%）：对以下内容的评估
商业方法

经济可行性，包括在就业创造、收入以及在未来的部署和出口机会中的潜在利益。

④（45%）：评估
项目实施

准备度、技能、管理、详细的项目规划和财务可行性，确保项目能在分配的资金范围内成功执行。

灯塔绿色能源项目由开发

影响：Alfanar是AFF做出的最大投资之一，资金总额接近2000万英镑，分两期发放。在此之前，灯塔绿色燃料项目已从之前的英国政府资金竞赛中获得了约200万英镑。这笔资金使Alfanar能够推进其工程并与技术提供商合作。对于Alfanar来说，这笔资金至关重要，因为项目开发是在任何SAF法规（例如SAF指令）宣布或实施之前开始的。

利用多边发展银行的地方专业知识，以适应发展中国家市场。

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	醇基喷气燃料	G-FT	电力转化为液态
高	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	委派
高	高	低

④ 多边开发银行提供
宝贵的技术
专家知识与
能力建设
对早期...的支持
项目阶段

多边开发银行 (MDBs) 和开发金融机构 (DFIs) 在支持SAF项目方面可以发挥关键作用，尤其是在监管和运营环境更为复杂的市场中。他们的支持通常分为两个主要阶段：

1. 国际开发银行提供有价值的

早期支持：在项目早期提供技术专长和建设能力支持。他们可能支持进行可行性研究，包括市场分析、原料评估、技术可行性、基础设施审查和监管评估。如果尚未确定可投资项目，多边开发银行 (MDBs) 可以支持政策制定者制定一个全面的可持续航空燃料 (SAF) 路线图。多边开发银行 (MDBs) 还可以在促进跨行业合作中发挥作用，将航空、能源、金融和政策领域汇集在一起。

2. 如项目

投资阶段的支持措施逐渐接近最终投资决定 (FID)，多边开发银行 (MDBs) 通常表现出强烈的投资意愿，无论是通过债务还是股权。此外，它们还可以提供贷款担保或其他风险降低机制。由于早期介入，MDBs 对项目的风险状况有深入的了解，使他们处于做出明智投资决策的有利位置。

国际金融公司 (IFC - 隶属于世界银行集团)、荷兰创业发展银行 (FMO)、IDB Invest

(拉美开发银行集团的一部分)、亚洲开发银行 (ADB) 和欧洲复兴开发银行 (EBRD) 是气候混合融资中最活跃的多边开发银行 (MDBs) 和双多边投资机构 (DFIs)。许多这些参与者，如国际金融公司 (IFC) 和欧洲复兴开发银行 (EBRD)，致力于将100%的董事会批准的实业界务与巴黎协定对齐。这导致了这些机构在气候相关投资，包括可持续航空燃料 (SAF) 在内的活动增加。

在确保总体市场可行性和对可持续发展目标的适应性之外，多边开发机构 (MDBs) 在寻找可持续航空燃料 (SAF) 领域合适机遇时，通常特别关注以下标准：

1. 国际开发银行将具有明确的地理重点是基于银行的捐赠者档案的区域重点。

2. 多边开发银行社会影响和包容性优先考虑解决社会挑战和促进包容性的项目，例如创造就业机会、推动性别平等和支持边缘化社区。

3. 多边开发银行跨行业合作培养与不同行业利益相关者的长期关系，当它们在航空和能源领域涉及多个客户时，投资更具吸引力。

案例研究 3

欧亚开发银行与哈萨克斯坦国家石油天然气公司 KazMunaiGas 和阿斯塔纳航空公司 Air Astana

欧亚开发银行的地域重点集中在中欧，什么？包括土耳其在内的东欧和东南欧、欧亚以及南欧和东地中海地区。在可持续航空燃料 (SAF) 方面，其重点关注的国家之一是哈萨克斯坦，其中EBRD积极支持哈萨克斯坦国家石油天然气公司 (KazMunaiGas) 和阿斯塔纳航空公司 (Air Astana) 分析在当地生产SAF的可行性。

这笔资金是由欧洲复兴开发银行 (EBRD) 的支持触发的如何？过去几年KazMunaiGas的脱碳计划以及欧洲复兴开发银行 (EBRD) 近期对Air Astana的投资。EBRD的支持主要采取为初步可行性研究提供融资的形式，包括：

① 确定识别
碳减排战略定义、针对航空行业的具体减排目标、将哈萨克斯坦的目标与世界标准进行基准对比，并提出提升雄心的建议。

② 进行需求和
SAF市场分析供应评估，检查原料可用性并定义SAF项目参数。

③ 提供
技术与经济评估

3 技术概述，与技术服务提供商合作进行技术经济评估。

④ 创建
离岸采购和监管发展作为可持续航空燃料 (SAF) 离岸采购协议的模板，并建议监管改革以支持SAF市场发展。

该研究将醇制航空燃料确定为最
哈萨克斯坦扩大可持续航空燃料 (SAF) 的途径具有影响，该途径目前正在进一步探索。未来，如果项目达到最终投资决定 (FID)，欧洲复兴开发银行 (EBRD) 可以在其支持低碳转型的使命范围内发挥融资作用。EBRD还可以帮助协调来自多个利益相关者的额外投资，以扩大SAF生产规模。为了吸引其他投资者，EBRD可以在提供其他风险降低措施中发挥作用，例如首损失资本或贷款担保。

确保性的保证或保险工具 提高信用资质

杠杆3

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	醇基喷气燃料	G-FT	电力转化为液态
中等	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设	委派
低	高	高	低

公共资本在缓解技术和操作风险方面发挥着关键作用。

早期FOAK SAF设施常常面临高风险。即使在获得政府拨款、耐心资本以及来自多边开发银行的可能技术援助之后，仍需要额外的针对性风险降低措施来应对一些技术和运营风险。公共资本在缓解这些风险方面发挥着关键作用，采用各种金融工具使SAF项目更具银行可接受性和对私人投资者的吸引力。以下五项干预措施是降低风险和支持SAF项目在早期阶段可行性的关键工具，尽管它们在SAF领域的可用性受到某些地区的限制，并且通常是通过竞争分配的：

1. 保证人的承诺
贷款担保（例如，政府或开发银行）以在违约情况下覆盖贷款，降低贷款风险并改善信贷可获取性。
2. 政府：
政府担保承诺覆盖某些风险或损失，通常用于催化投资，尤其是在发展中国家。

3. 专用保险

保险解决方案产品（例如政治风险或货币风险保险）用于减轻特定项目风险以吸引私人资本。例如，完工担保，即项目发起人同意在必要时提供次级融资或股权贡献，以确保工程完成。担保人应拥有投资级信用评级，以便能够可靠地提供此类解决方案，如果不存在可靠的担保人，政府可能会提供此类选项。

4. 一层

首损失资本或担保资本，用于吸收项目中的初始损失，保护其他投资者并鼓励进一步参与。

5. 贷款提供于

优惠贷款在通常不提供此类贷款的市场或具有更宽松的条件（例如更长的期限）下具有有竞争力的利率，这使得项目更容易融资债务并吸引私人资本。



美国能源部贷款担保计划

美国能源部 (DoE) 的贷款计划

什么？办公室 (LPO) 是一项联邦倡议，旨在为加速创新能源项目和技术商业化部署提供财政支持。通过为创新、大规模的可再生能源、先进交通和节能项目提供贷款、贷款担保及其他形式的财政援助，LPO旨在加速缩短早期创新与市场采用之间的差距。

截至2024年8月，共有211个活跃申请。

如何？提交了来自众多行业的贷款申请，总额达到2960亿美元。¹¹ 该应用程序是一个多步骤的过程：¹²

- 1 LPO会晤潜在申请人
预申请讨论项目资格、申请流程和申请者疑问。
- 2 LPO建立项目
应用和审查资格以及进行准备的准备情况，随后进行计划、技术和财务评估。
- 3 LPO和申请人聘请第三方
尽职调查
顾问负责涵盖技术、市场、财务、信贷、法律和监管审查，并协助准备清单。
- 4 有条件的承诺
贷款或贷款担保。该出借取决于借款人满足某些条件。
- 5 执行最终协议，LPO与借款方签署。
财务封闭融资文件，在贷款发放前须满足额外条件。

6 LPO 监控项目并作为可信赖的 贷款期间监督方

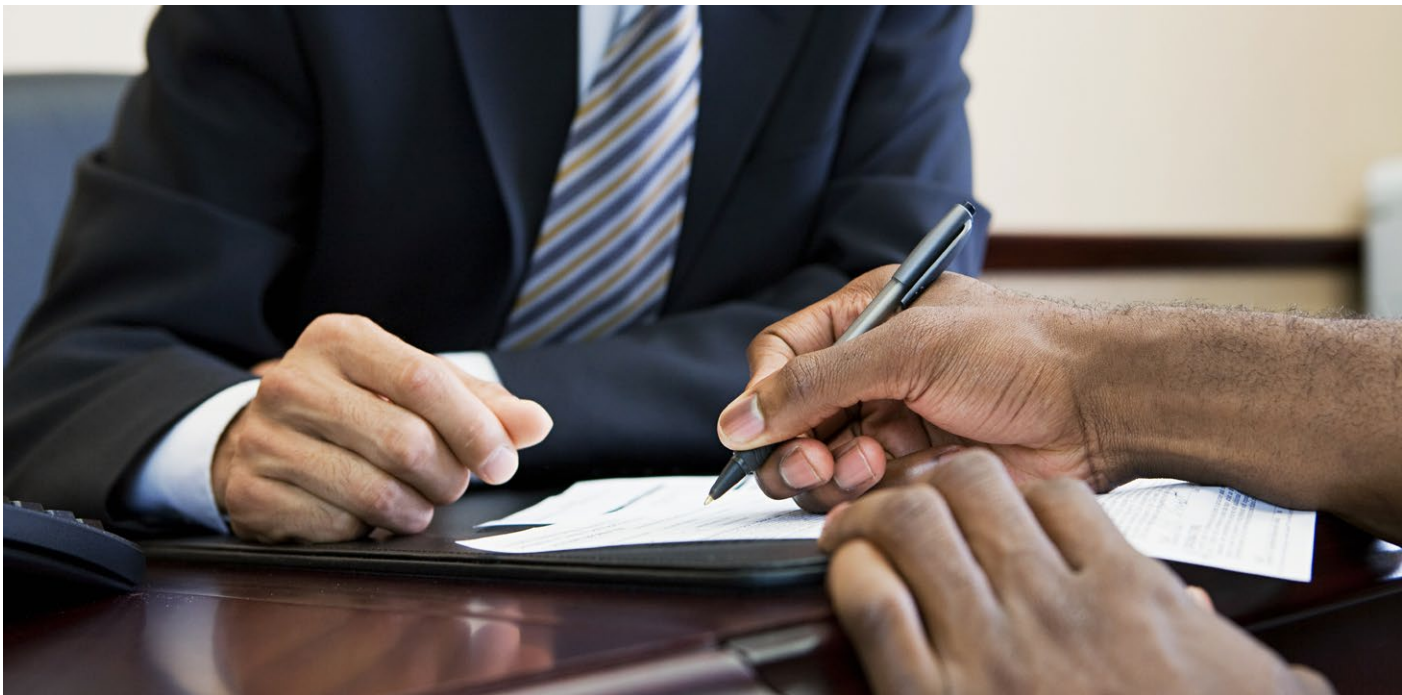
需要注意的是，虽然根据法规LPO可以提供高达80%的项目成本贷款，但更常见的贷款价值比却是50-70%。因此，项目开发商需要确保已经获得足够的股权投资以解锁额外担保。

到2024年10月，美国能源部 (DoE) 的LPO已经支持了67个项目。总价值650亿美元的工程项目已获得批准。其中超过一半 (37个项目，总金额370亿美元) 已通过贷款担保。2024年10月，美国能源部 (DoE) LPO还宣布了对两个安全燃料 (SAF) 项目的近30亿美元的贷款担保。

此外，许多美国生产商正在申请批准。例如，世界能源公司已被邀请通过第17号清洁能源融资计划提交一份价值约20亿美元的贷款担保的二级应用，用于其计划在休斯顿的生产设施。

确保LPO贷款担保具有显著优势。首先，它将吸引更多机构贷款人的兴趣，因为获得贷款担保的公司被认为可靠且具有未来保障，因为它们已经成功完成了彻底的尽职调查流程。其次，它导致了由贷款担保的降低风险性质所驱动的较低利率。

在本次报告 (2025年2月) 发布时，新美国政府上台后，尚不清楚美国能源部贷款计划办公室以及更广泛的联邦资金计划，包括对安全航空燃料 (SAF) 的支持，是否会以当前形式继续推进，以及这对等待支持的安全航空燃料项目的影



杠杆4吸引战略性行业投资者，构建未来规模生态体系

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	醇基喷气燃料	G-FT	电力转化为液态
中等	高	高	中等

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设		委派
低	中等	高	中等	低

④ 战略性行业投资者，

例如，航空公司和原始设备制造商（OEMs）等其他动机超出纯粹财务回报——他们中的许多人可能将可持续航空燃料（SAF）视为“航空业运营的许可证”。

战略性行业投资者，例如航空公司和原始设备制造商，他们是除纯粹财务回报外还有其他动机的投资者。许多投资者可能将可持续航空燃料（SAF）视为“航空业运营的许可证”。对于这些行业投资者来说，SAF对于维护其运营合法性并满足监管机构和利益相关方对可持续性的期望至关重要。

这些投资者希望加速具有显著扩大潜力的项目的商业化，同时在总体风险特征上进行平衡。因此，AtJ和G-FT可能是最有可能的投资，尽管随着技术的成熟，PtL越来越有吸引力，正如近期投资所显示的。战略性行业投资者包括以下几类：

1. 航空业将可持续航空燃料（SAF）视为（之一）最航空公司重要的脱碳杠杆。尽管常受到“做得不够”的批评，但几家航空公司通过直接投资可持续航空燃料（SAF）生产商并承担一部分风险，增加了自己的投资力度。通过这些投资，除了减少碳排放外，航空公司还希望未来能够优先获得SAF，以满足自愿性和政府的承诺，并有可能锁定有吸引力的市场价格。

2. 飞机目前获准飞行。

OEMs with up to 50% SAF blend. Ensuring there is sufficient and affordable access to SAF will facilitate orders for conventional aircraft and align with developing green aviation taxonomies, while zero-carbon emission propulsion is developed.

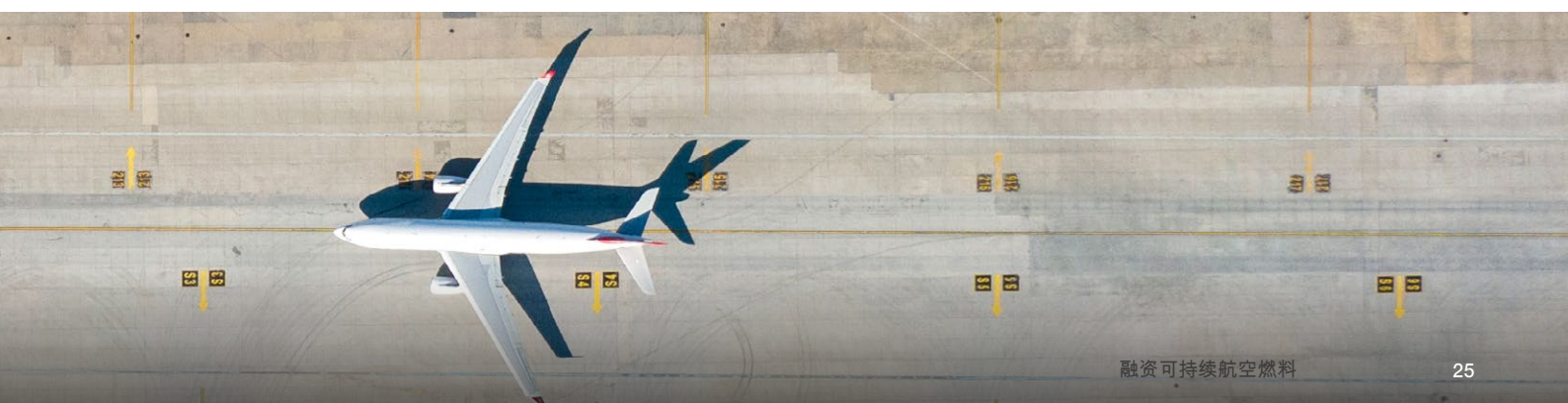
具有挑战性，目前可持续航空燃料（SAF）混合比例的飞机运营将仅限于短途飞行。确保有足够产能和供应链来满足航空业对可持续航空燃料的需求，对于实现航空业在绿色基础设施法中设定的减排目标至关重要。航空公司正在寻求在发展的绿色基础设施法中寻求减排激励，并在日益注重环保的行业中提供激励。

4. SAF 提供

能源和石油公司是摆脱化石燃料的解决方案，尤其是在混合限制将被取消时。通过在可持续航空燃料（SAF）领域先行一步，能源公司和燃料供应商可以在对绿色替代品的需求增长的同时，保护他们在航空燃料市场的份额，同时减少其运营的影响。

5. SAF可以解锁新的

原料供应商的收益流和原料产品的强烈需求信号。这些公司可以选择垂直整合，确保他们的农业或废弃物产品用于可持续航空燃料（SAF）的生产。



案例研究 5
战略投资于LanzaJet

在2021年至2024年期间，LanzaJet成功确保了什么？来自广泛投资者的资金。除了金融家（例如，突破能源、微软气候创新基金、三井物产公司和三菱UFJ金融集团）之外，投资者还包括航空公司（例如，全日空、英国航空和西南航空）、机场（Groupe ADP）、原始设备制造商（Airbus）和能源企业（例如，壳牌和加拿大太阳石油公司）。

LanzaJet故意建立了一支多元化的战略团队如何？投资者，包括一些全球知名公司，共同建立推动可持续航空燃料（SAF）产业扩大的生态系统。全日空航空公司是2019年最早的战略投资者之一。该航空公司早期就认识到，整个行业需要共同努力，在整个价值链上分担风险。2024年空客的最新投资，展示了飞机制造商在发展氢能和电池动力飞机的同时，在推动SAF规模化发展方面可以发挥的重要作用。通过这些战略投资者筹集的股权投资，成为如自由松树工厂等项目的关键资金来源。对于该工厂，这笔资金还得到了突破组织提供的5000万美元的赠款。

能源催化计划，来自微软气候创新基金5千万美元的贷款以及来自美国能源部1400万美元的拨款。

这些不同来源形成了一个强大的混合影响金融模式，帮助LanzaJet实现多个目标：

- 1 通过吸引贷款和关闭绿色溢价
补助金使得LanzaJet能够降低可持续航空燃料（SAF）与喷气燃料A（Jet A）之间的绿色溢价，使他们的产品在市场上更具竞争力。
- 2 将风险分散于如此多元化的投资者价值链中，使得LanzaJet能够将与可持续航空燃料（SAF）规模化相关的风险从SAF生产商转移到整个SAF价值链。
- 3 提升对酒精到喷气燃料技术的信心，这些战略投资帮助更大规模的投资者证明这项技术具有规模化运作的的能力，因此增加了吸引更多资金用于未来工厂（超出现有工厂规模）的可能性。

杠杆确保长期采购协议以通过最终投资决定（FID）

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	醇基喷气燃料	G-FT	电力转化为液态
高	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设	委派
低	低	高	低

FID（财务决定）的最大障碍之一是获得确保长期销售协议。如果设立在正确的做法，这些购货协议提供了项目开发商的可预测收入流。显著降低需求不确定性，使项目更具吸引力以吸引投资者。

正如世界经济论坛所述[扩大清洁技术消纳：实现净零排放的企业操作手册](#)，¹⁴ 2024年5月发布的银行承购协议具有以下关键组成部分：

④ 离岸采购协议提供可预测的收入来源对于该项目开发者和显著地降低需求不确定性使项目更吸引人的致投资者。

1. 银行寻求公司
采购信誉，拥有长期信用记录、健康的损益表以及使用既定数量的计划。
2. 目前，合同通常
离岸采购条款非约束性谅解备忘录（MoU）。对于项目达到最终投资决定（FID），需要具有合同约束力的协议。
3. 合同必须涵盖
卸载期限与债务融资期限（例如8-14年）以及支持卸载的任何激励措施的理想期限应与合同的期限相一致。
4. 价格应大致在
离岸定价线与其他竞争性的离岸协议一起，以避免采购方和供应商的合同违约。由于SAF市场仍处于起步阶段，贷款方通常期望合同中设定一个固定的离岸采购价格。离岸协议通常在生产商和采购方之间设立风险共担机制。
- 关于谈判的量，投资者通常要求至少70-80%的年度产能通过销售协议得到覆盖。一些贷款机构甚至要求100%的SAF产量都需通过销售协议来覆盖。

可靠的承购覆盖了整个贷款期限。这种可靠性也由承购方的信用度定义。航空公司平均信用评级较低，将违约风险分散到多个当事人是重要的风险缓解考虑因素。

如果存在一个商人部分（即购货合同部分），贷方期望对销售商人部分的可行性和在整个贷款期间为项目创造稳定收益进行彻底的市场尽职调查。然而，由于安全附加装置（SAF）市场尚处于初期阶段，SAF尚无一个健全的市场定价，贷方可能会觉得很难接受商风险。

因此，贷款人可能仅基于收益协议产生的收入来提供融资，排除来自批发或现货销售的收入在债务规模计算中。这种做法可能导致贷款规模小于项目发起人所期望的。

风险分担可以采取多种形式。已出现五种用于SAF购销合同的定价或合同结构（见表2）。一般来说，风险分担程度越高，购销协议的整体可融资性越好。

表 2 概述不同的合同结构

	平/固定 定价	喷气燃料 - 加溢价	成本加成	接受或支付	所有权
描述	合同中涉及价格 SAF的锁定情况 约定数量， 不顾变化 喷气燃料市场价格或 输入成本	买方达成协议后采取行动 在数量方面 基于价格的 化石市场指数 喷气燃料（例如喷气燃料） 价格监控器），加 绿色溢价。	买方达成协议后采取行动 在数量方面 输入成本价格在 生产时间， 此外，还有一定的利润空间	购买方支付 产品上 定期地进行，无论 或并非他们实际上 提货 产品。	买方采取任何 数量为： 生产成本， 以换取 投资资本 并且风险（主要） 通过合资企业（through JV).
利益相关方共担的风险					
供应安全	✓	✓	✓	✓	✓
原料风险			✓	✓	✓
技术风险				✓	✓
建筑风险					✓
考虑因素	异常高风险 对于生产商	- 最常见 定价 - 预期将增长 更具挑战性 随着差距扩大 介于HEFA之间 原料和 喷气燃料指数	- 被某些人所采用 SAF生产商及 常见于 能源参与者 - 相对于...风险较低 生产者 关于“with feedstock”， 约束	- 非常高风险 对于下游用户， 但是正在增长作为 最强的可信赖 信号指向 金融家 由于“feedstock”在化学、生物学和工业等领域有不同的含义	- 被少数采用 大型能源企业 - 很不可能 被机场采用 航空公司，由于 资本投资 可能能够承担 一股股权 SAF工厂。

世界经济论坛，来源：[扩大清洁技术采纳：实现净零排放的企业操作手册](#)


A SAF premium
2-3倍的提升及混合
10% SAF 的占比为
查看价格
票价上涨
约3-6%。

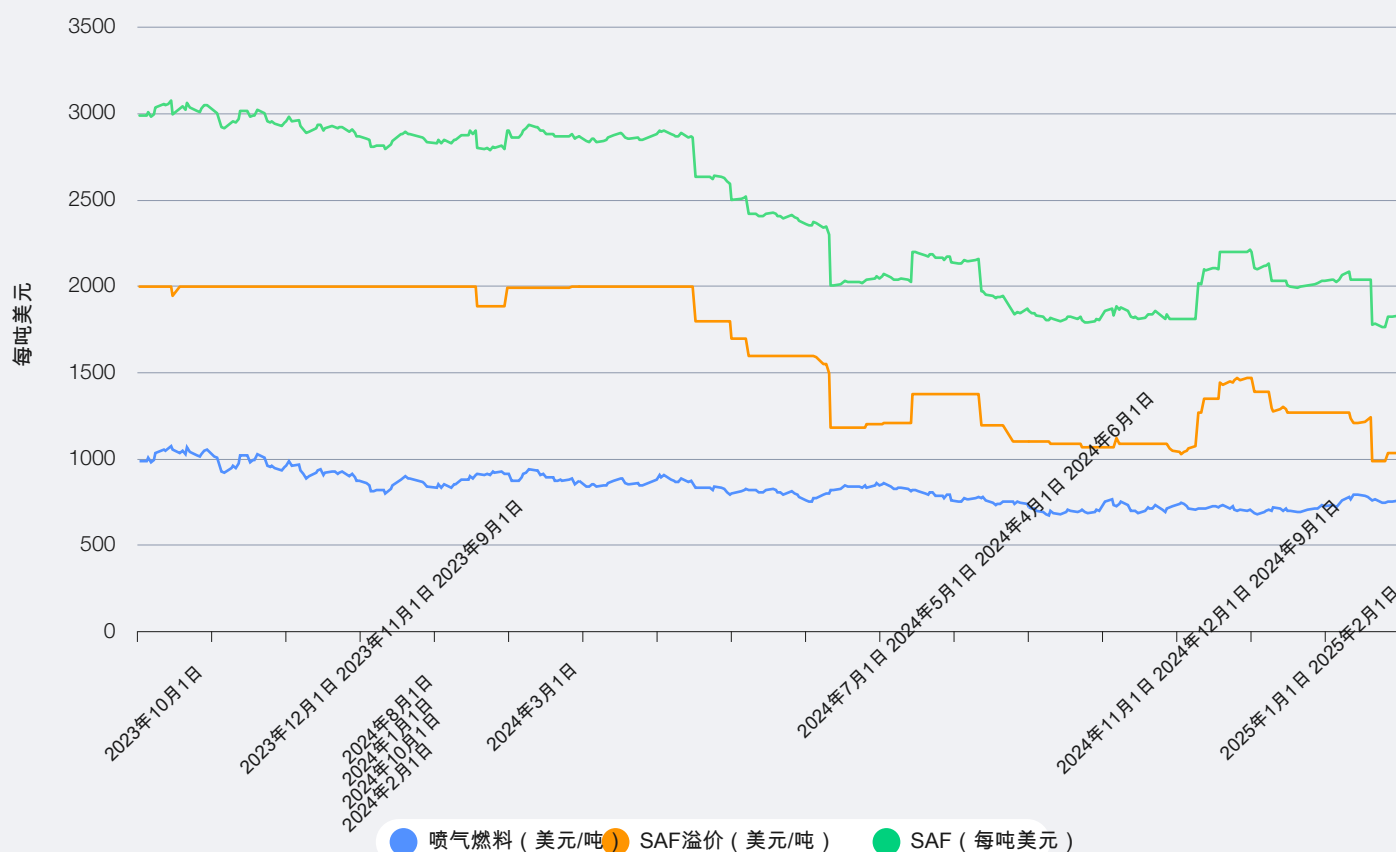
之一，与离岸采购相关的挑战，行业经常提及的是价格。今天的SAF溢价正在对自愿采用造成挑战，并可能推动机票需求下降，尤其是在该部门现在正在增长的、SAF规定尚未实施且航空公司之间竞争激烈的新兴市场。这也可能引发对政府可能引入以刺激市场的更高规定混合比的反对。

传统喷气燃料将由价格竞争力驱动。基于2023年至2024年的可持续航空燃料（SAF）市场价格，SAF的价格比传统喷气燃料高出两到三倍（见图9）。假设燃料占机票价格的四分之一到三分之一，¹⁵ 一个2-3倍于SAF溢价和10%SAF混合物将导致票价上涨约3-6%。随着时间的推移，这一差距越能缩小，自愿需求增长的几率就越大。尽管如此，一些航空公司已经接受了这一价格溢价，并积极使用和采购SAF。

由于法规经常变化，航空公司决定比以往更多地采购可持续航空燃料（SAF）。

图9

欧洲喷气燃料和可持续航空燃料（SAF）价格概述，包括价格溢价



所有价格均为成本加保险加运费（CIF），即货物在边境的价格，包括保险但不包括关税；基于附件：1. 西北欧（NWE）价格。底线是喷气燃料的成本；中线是需要支付的可持续航空燃油（SAF）溢价；这两项之和等于顶线，2. 也就是西北欧洲SAF的成本。S&P全球大宗商品洞察（原普拉茨）。

来源：



案例研究 6

国际航空集团与十二公司的采购协议

2024年2月，国际航空公司集团（IAG）宣布了什么？与Twelve——一家电力至液态可持续航空燃料（SAF）生产商，也是世界经济论坛UpLink可持续发展航空挑战赛的优胜者——签订的最大SAF采购协议。双方同意了一项为期14年的合同，在此期间，国际航空集团（IAG）将获得785,000吨e-SAF。

IAG与Twelve之间的合作始于如何？2020年，当Twelve加入英国国际航空集团（IAG）的Hangar 51创业加速计划，将其实际创新的科技推向市场以来。自那时起，以下四个因素加速了他们最近的一份销售合同签署：

- 1：十二次交付了e-SAF
技术严谨的美国空军进行了重大测试以展示该技术。国际航空集团（IAG）对十二实验室和生产基地进行了多次现场考察。
- 2：壹拾贰已 secure \$13亿 美元。
金融支持：B轮融资并获得TPG Rise Capital的有条件融资（待签订销售协议），最高可达6.45亿美元。

- 3：十二家已确立合作伙伴关系
商业推进
与阿拉斯加航空公司就范围1信用以及Shopify和微软就范围2信用
复参海航空和国王航空合作
战略对齐
 - 4：紧密合作于产品开发（包括生命周期评估），确保Twelve的SAF纳入IAG更广泛脱碳计划内。
- ：购买协议的期限、数量和结构
影响协议显著提高了Twelve项目整体的可融资性。因此，Twelve成功解锁高达6.45亿美元的资金，其中大部分（4亿美元）为项目股权，由TPG Rise Climate领投，另有2亿美元为C轮融资。此外，清洁能源投资公司Fundamental Renewables发放了一笔2500万美元的建设贷款，而跨国银行三井住友银行提供了2000万美元的绿色贷款。所有这些投资加在一起，标志着迄今为止在PtL燃料空间中最大的一次融资轮。

杠杆6

从事书面和认领活动以促进投资

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	酒精制油	G-FT	液态能源
高	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设	委派
低	低	高	中等

另一种有前景的获取可持续航空燃料（SAF）并使SAF扩大规模的成本能够在更广泛的利益相关者群体中共享的方法是通过购买通过账簿和索赔登记册转让的SAF信用额度。账簿和索赔系统允许世界某一地区的买家支付绿色溢价并获得使用SAF的相关信用额度，尽管实际的SAF是在另一个地方使用的。

位置。与通过投资于非相关项目（如植树造林）来补偿已排放的排放量不同，使用“账本和索赔”采购SAF是一种“破插入”，这意味着公司可以直接投资于减少航空业碳排放的项目。账本和索赔工具可以促进这一过程。

“书籍与索赔”的好处在于，它允许通过吸引价值链上的玩家实现收入多元化，并将SAF溢价分摊到更广泛的利益相关者群体中。

广泛的组织可以参与“书籍与索赔”活动，以纳入其第三范围排放，包括企业旅客。企业通常会有来自员工旅行的显著第三范围排放（类别6）。此外，承运人或货运代理人可以在减少通过空运运输的产品碳足迹方面发挥重要作用。其他参与者如金融家、租赁人或具有第三范围排放的机场的作用也正在被探索。

书籍和索赔的好处在于，它通过吸引价值链上的玩家，实现了收入的多样化。此外，它将SAF（可持续航空燃料）溢价分摊到更广泛的相关方。世界经济论坛已发布了关于建立SAF信用（SAFc）系统的指南。为了避免双重计数，SAFc系统遵循严格的会计规则：根据书籍和索赔登记标准。¹⁶ 并且最佳实践，必须在范围3退役之前退役范围1的声明，以确保碳减排声明的准确核算。

需要注意的是，关于将安全航空燃料（SAF）视为符合温室气体（GHG）协议和基于科学的温室气体减排目标（SBTi）中第3类减排策略的认可，存在几个开放性问题，这对整个价值链上的利益相关者产生了不明确的会计影响。这包括针对机场的指导方针，其中一些机场已经将飞机相关的并到油箱排放报告为第3类排放，但需要进一步指导以确认报告排放的最佳方式。

GHG协议和SBTi指南预计将在2025年更新，为未来的账本和索赔交易提供更多清晰性和确定性。然而，即使没有更新后的指导，许多组织也将与SAF的环境属性（SAFc）相关的排放节省作为其年度报告的一部分单独披露。预计一旦正式

公认，随着企业能够利用SAF来实现其正式认定的净零目标，账簿和索赔系统可能会在企业中变得更加流行。

一个SAF登记册通常需要来释放书签和索赔系统潜力，并确保过程的一致性和透明度，从而避免双重索赔和重复计数。登记册是一个记录SAF证书发行、转让和退出的数据库，从而记录交易。近年来，登记册的数量有所增加。例如：

— RSB 注册处，由可持续生物材料协会（RSB）的圆桌会议创建

— SAFc注册，由可持续航空买家联盟（SABA）创建

— 国际可持续性和碳认证（ISCC）倡议创建的ISCC信用转移系统

— 国际航空运输协会（IATA）也在建立一个可持续航空燃料（SAF）登记册。

确保SAF生产商将这些SAF信用额转移到注册机构，以确保它们符合稳健的可持续性标准至关重要。在将SAF与化石喷气燃料混合以满足燃料标准的过程中，SAF生产商需要将环境属性与实物燃料分离。之后，环境属性作为特定一批SAF的相关范围1和范围3索赔被录入SAFc注册机构。在注册机构验证索赔所需文件后，这些索赔转让给买家。将SAFc录入注册机构的文件需要深入证明可持续性信息，包括独立验证符合燃料认证方案（例如，国际民航组织认可的国际可持续性认证机构 CORSIA 认证）以及独立认证碳强度、原料供应链和设施管理系统。



案例研究 7

SAF证书通过可持续航空燃料买家联盟 (SABA)

由落基山研究所 (RMI) 领导，什么是？环境防御基金 (EDF) 和Neoteric能源与气候 (现为绿色市场激活中心的一部分)，可持续航空购买者联盟 (SABA) 正在推动对可持续航空燃料 (SAF) 采纳的更多投资，帮助企业减少与其空中旅行相关的碳排放。

SABA 与航空客户、航空公司合作如何？以及燃料生产商共同创建一个强大且透明的系统，企业可以通过SkyNRG购买SAF证书，或者通过一种首创的联合采购流程直接从SAF生产商如World Energy购买燃料。

世界能源，领先的燃料生产商之一，销售捆绑的Scope 1/3产品。如果Scope 3客户购买SAF，客户可以根据自己的选择灵活地将Scope 1分配给其航空合作伙伴。如果航空公司购买捆绑产品，他们通常会将其Scope 3产品出售给他们的客户。

企业合作伙伴寻求降低其商业旅行排放以及货物运输或商品的排放。范围1和范围3的索赔与同一批可持续航空燃料 (SAF) 相关联，并且它们的退役必须紧密协调，以确保在范围3索赔之前或与其并行退役范围1索赔，符合当前RSB《账簿和索赔手册》规则。

2024年4月，SABA宣布了迄今为止最大的交易。影响购买SAF证书的交易集合。总计，接近2亿美元的投资被筹集，涉及众多参与者，包括阿斯利康、Autodesk、贝恩咨询公司、BCG、德勤、摩根大通、Live Nation、麦肯锡公司、Meta、摩根士丹利、Netflix、诺和诺德、三星生物制剂、Watershed和Workday，以及SABA创始组织RMI。这些承诺相当于大约5000万加仑的高品质SAF，或者大约相当于从纽约市到伦敦的3000次满载客运航班。¹⁷

案例研究 8

微软和OMV正在实现商务旅行与物流的脱碳化。 企业及燃料供应商在可持续航空燃料 (SAF) 证书上的合作

微软与OMV签订了一项协议以帮助什么？微软减少了其因商务航空旅行和供应链物流产生的第三方间接排放范围。

微软与OMV合作，以定义一个具体的如何？微软希望通过SAF减少的第三范围航空相关的温室气体排放量。OMV将此转换为满足微软雄心的物理SAF生产量。这个量是通过在奥地利施威察特OMV炼油厂同时处理生物原料和原油来生产的。这个共处理模型使用了可持续和地区来源的原料 (例如，废食用油) 来生产最多5%的SAF，同时生产炼油厂基于化石的煤油产品，该产品以实物形式交付到维也纳机场的燃料储存设施。与这个特定生产量相关的环境属性 (即温室气体减排价值) 构成了SAF注册的基础。这些SAF信用通过ISCC信用转移系统可靠地转移，以确保完全可追溯性和可信度。微软随后注销了SAF，并将用于其在可持续发展报告中的降低排放量的报告。

这宗企业采购发出了强烈的早期需求来自欧洲自愿SAF (可持续航空燃料) 市场的影响信号。对于微软来说，探索并在ISCC认证之后展示最大化的额外性至关重要，从而支持如OMV等承诺的欧洲燃料供应商在他们的转型旅程中取得进展，超越任何强制性要求。此协议加强了OMV的SAF增长野心，包括其在罗马尼亚Petrobrazii建设的大型SAF/HVO工厂的最新投资决定 (FID)。

此外，该协议使微软能够推动SAF在美国以外的采用，与其全球业务和排放足迹保持一致。在考虑全球性的同时，微软重视本协议中SAF原料的本地采购。最后，微软与OMV以及数字登记提供商 (例如ISCC) 之间的密切合作支持了全球行业标准的进步，使企业买家能够直接从SAF提供的3级排放减少机会中受益。

杠杆吸引私募股权资本以实现快速扩张

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	酒精制油	G-FT	液态能源
高	高	高	中等

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设	委派
低	低	高	高

私募股权投资者在扩大SAF项目规模中扮演着关键角色，通过提供加速商业化进程和扩大企业运营范围所需的增长资本。与专注于研发的早期投资者不同，私募股权公司通常在SAF项目进入商业化可行性边缘、准备快速扩张时介入。在此阶段，SAF生产商不仅需要资本用于基础设施建设，还需要扩大其生产流程、优化供应链和实现规模经济。

除了资本注入，私募股权投资者通常还会带来管理专长和行业联系，帮助可持续航空燃料（SAF）生产商进入关键市场和潜在的销售合作伙伴，例如主要航空公司或物流公司。这种亲身体验的参与旨在迅速扩大生产能力，改善成本结构，并使SAF公司为通过合并、收购或公开发行实现盈利退出做好准备。



Kerogen和Bain Capital对EcoCeres的投资

2021年末，EcoCeres融资1.08亿美元。什么？来自Kerogen Capital，一家专业能源投资者。这代表了该公司历史上的第一次外部融资轮，该公司自2008年以来一直由港华燃气孵化，并促成了EcoCeres作为一个独立商业实体的剥离。2022年，贝恩资本对该公司投资超过7亿美元，获得了该公司的重要股份。这笔投资标志着贝恩资本在亚洲能源转型相关交易中最大的一次交易。自交易以来，EcoCeres由贝恩资本和港华燃气共同控制。

2021年，SAF作为一个相对新兴的领域，如何？EcoCeres首先必须吸引专业私募资本来支持其短期增长计划。在成功验证其论点之后，包括引入SAF作为其产品组合中的一个新且吸引人的选择，接着

能够从知名投资机构贝恩资本那里筹集到大量资金。这两轮融资都是在经过彻底尽职调查之后完成的，涵盖了企业的所有关键方面，包括技术、商业、财务和法律视角。EcoCeres与贝恩资本聘请的专业尽职调查供应商团队合作，并被认可为SAF创新和生产的领导者。

EcoCeres利用其投资者的行业影响经验和资源以进一步加速亚太、欧洲和中东的国际扩张。这包括从贝恩资本和科罗根计划拨出相当一部分增长资本，在马来西亚建设一座世界一流的生产设施。这增强了EcoCeres的生产能力，将公司在两个设施的总产量翻一番，达到每年总共750,000吨。

杠杆8吸引基础设施投资者以获取更便宜的资本

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	酒精制油	G-FT	液态能源
中等	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建设	委派
低	低	高	高

基础设施投资者利用他们的声誉和庞大的投资组合来吸引更便宜的资本，并将其节省传递给SAF项目。

随着SAF项目扩展到兆吨级规模，资本需求可能飙升至数十亿美元。此外，工程、采购和建设可能需要多年时间才能开始生产。为了确保足够的资金，开发商需要获取大量资本，并具有长期投资视野。

基础设施投资者在为大型项目提供资本和管理专业知识方面可以发挥至关重要的作用。这些投资者汇集资本

从机构投资者、养老基金和主权财富基金联合投资大规模基础设施，越来越多地带有可持续性主题。

尽管基础设施投资者比私募股权投资投资者更加风险规避，但他们的资本成本通常更低。基础设施投资者利用他们的声誉和庞大的投资组合来吸引这种更便宜的资本，并将节省下来的成本最终转嫁给安全项目，同时在建设过程中扮演更加积极的角色。

布鲁克菲尔德和突破能源催化剂对Infinium的投资

2024年9月，布鲁克菲尔德资产管理什么？宣布了对加利福尼亚州一家先驱 PtL SAF 生产公司的 Infinium 投入了高达 11 亿美元的显著投资承诺。这笔交易包括了对 Infinium 位于德克萨斯州西部的 Project Roadrunner SAF 生产地点的初始 2 亿美元投资，以及可能的额外 8.5 亿美元股权，这将能够为未来的全球项目提供第三方债务资本。

布鲁克菲尔德对英飞凌的投资如何实现？这不仅通过技术创新和运营创新，还通过金融和商业创新。首先，在严格的基础设施投资者尽职调查过程之后，Infinium 的项目开发和技术平台获得了信心，Breakthrough Energy Catalyst 承诺投资 7500 万美元的项目股本。其次，Infinium 与美国航空公司（以及花旗银行针对第三范围排放）签订了可交易的承购协议，这对于吸引 Brookfield 的投资至关重要。在这些最近的里程碑之前，Infinium 成功地利用了多种战略方法来增强投资者信心，包括：

- ① 与行业领先企业，包括亚马逊，建立投资关系。
- ② 确保长期签约采购协议。
- ③ 建设并运营全球首个商业规模铂金（PtL）生产厂，该工厂于2024年初开始发货。

布鲁克菲尔德和英飞凌紧密合作，明确定义并就一系列明确的里程碑和关键绩效指标达成一致，以解锁额外的 8.5 亿美元资金，为英飞凌提供了如何成功实现规模化的确定性及清晰指导。2025 年 1 月，英飞凌在 C 轮融资阶段从布鲁克菲尔德及其他投资者处获得了额外融资。¹⁸

通过以上投资，Infinium 正在轨道上。影响开发北美最大的 PtL 项目，一旦投入运营，并降低了其业务模式在未来项目中的风险。



通过收费模式进行结构化投资以吸引更多债务

杠杆9

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	酒精制油	G-FT	液态能源
高	高	高	高

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建筑	委派
低	低	高	高

收费模型可能有助于降低市场风险，因为SAF项目将收取固定的收费费用，而无需承受原料成本和SAF价格波动的风险。

为了达到所需规模，SAF项目需要筹集大量债务。为了促进这些投资，一种新兴的投资结构是通过收费模式。在此模式下，SAF设施将向客户（收费者）提供其炼油能力，作为对固定收费的回报。收费者将提供原料，并保留分子在转化过程中的风险和所有权。收费者将负责运输和销售使用其原料生产的SAF。

收费模型可能在减轻市场风险和提供稳定、可预测的现金流方面发挥作用，因为SAF项目将获得固定的收费费用，而无需承受原料成本和SAF价格波动的风险。需要注意的是，截至撰写本文时，SAF领域尚未达成任何收费协议。因此，这里提出的论点都是理论性的，并基于液化天然气（LNG）和电力行业的经验。

从贷款人的角度来看，这种结构可能具有吸引力。降低的风险敞口将使SAF项目能够最大化债务融资，并在较低利率下获得融资，因为贷款人将更有信心于项目产生稳定的现金流的能力，无论市场状况如何。这反过来将降低SAF项目的整体资本成本，提高其财务可行性。如果投资者对低碳燃料的风险敞口有更高的需求，也可以引入替代的风险分担定价模型。

计费模型还将使中介在价值链中发挥更大的作用。商品交易商很可能会承担这一角色，因为他们可以根据他们拥有的基础设施来采购原料、混合和销售可持续航空燃料（SAF）。他们还可以利用风险管理工具来对冲他们对SAF的敞口。后一种选择取决于SAF发展成为类似于原油或液化天然气的流动和可交易商品，这个过程可能需要几年时间才能实现。



赛德兰天然气收费协议，由彭布兰管道公司与海斯乐纳民族签订

Cedar LNG 是一个计划中的浮动液化天然气液化项目。它位于不列颠哥伦比亚省沿海的设施，由 Pembina Pipeline Corporation 和 Haisla Nation 共同拥有。Cedar LNG 于 2023 年 3 月与 ARC Resources 签订了为期 20 年的协议，其中 ARC 将供应天然气，然后接收 LNG 并在市场上销售。

20 年的协议涵盖了供应和如何？每天液化 2 亿立方英尺的天然气，将其转化为相当于每年 150 万吨 LNG 的等量，这大约占 Cedar LNG 设施总生产量的一半。作为一家承运商，ARC Resources 拥有从天然气上游开采到液化，再到销售点的整个价值链的每一个环节，从而保护 Cedar LNG 免受销售风险。

液化天然气下游业务和原料保障。该设施将完全使用可再生能源供电，提高生产液化天然气的可持续性标准。该项目的 34 亿美元资本成本预计将通过银行财团提供的 60% 资产级债务和 40% 股权融资，股权由 Pembina Corp. 和 Haisla Nation 分摊，使用通过原住民金融管理局承诺的资本。

本协议及其他与他人的收费合同
投资者证实了采购商在需求和原料风险方面的充分缓解，从而使项目能够在 2024 年实现积极的 FID（最终投资决定），预计 2028 年开始交付。西德克天然气液化厂将成为世界上首个由土著社区控股的液化天然气设施。

杠杆 10

发行绿色债券以吸引影响力投资者

资金来源



公共资金



行业资助



机构资金

路径（根据路径的指南相关性，低=锦上添花 vs. 高=必不可少）

HEFA	酒精制油	G-FT	液态能源
高	中等	中等	中等

生命周期（指南按途径的相关性，低 = 很少适用 vs. 高 = 非常常见）

可行性前期研究	可行性 + 工程资料数据 (Front-End Engineering Design)	建筑	委派
低	低	低	高

航空公司可以通过将债券条件与可持续航空燃料 (SAF) 的采用挂钩来发行与可持续性相关的债券。这也充当了与采购协议的风险降低机制。

绿色债券由政府、公司或金融机构发行，以筹集专门指定用于环保产品的资金。SAF（可持续航空燃料）的生产商可以利用这些债券来推动 SAF 的生产、开发和基础设施建设。

此外，航空公司还可以发行与可持续性挂钩的债券，其中债券条件与可持续航空燃料 (SAF) 的采用量挂钩。这同时也是一种降低采购协议风险的机制。来自航空公司的需求信号将更为强烈，因为它们将不得不购买 SAF。

确保获得债券融资。机场还可以吸引与可持续性相关的债券来投资于可持续航空燃料 (SAF) 基础设施。

为通过绿色债券融资，SAF（可持续航空燃料）生产者需要遵守绿色融资分类体系。¹⁹ 这样的分类法旨在防止绿色洗牌，并帮助投资者识别和选择真正的可持续投资。这是通过一个标准化的框架来实现的，该框架对构成环境可持续经济活动的要素进行分类和定义。

欧盟和中国已经制定了广泛的绿色分类法来定义可持续活动，包括航空业中可持续航空燃料（SAF）的使用以实现气候目标。此外，存在基于市场的分类法，但它们对SAF在绿色投资方面的认可程度各异。例如，国际发展金融俱乐部（IDFC）发布的《气候缓解融资跟踪的共同原则》将SAF纳入范围。²⁰然而，气候债券倡议的分类法

不承认航空和生物能源活动为可持续的。²¹

绿色债券发行者通常承诺透明度和报告义务，以确保资金得到适当使用并实现其关于碳排放节省的目标。这可能包括对生产安全航空燃料（SAF）的数量、生命周期排放和其他环境影响进行定期更新。

案例研究 12

Neste 的 21 亿欧元绿色债券发行

Neste - 一家炼油和可持续燃料公司

什么？基于芬兰——在过去的四年里发行了四只绿色债券。第一只，于2021年3月发行，为5亿欧元，7年期绿色或可持续债券，票面利率为0.75%。债券发行分配给了约120名投资者，并在赫尔辛基纳斯达克上市。Neste还发行了三只额外的债券，其中两只于3月发行，均为500欧元

2023年绿色债券²²
十万元绿色债券，分别为6年和10年期，分别支付3.875%和4.250%的固定票息。在2023年11月，Neste发行了一笔6亿元、7.5年期、固定票息为3.875%的绿色债券。²³

为了获取资金，Neste申请了债券以

如何？在赫尔辛基纳斯达克和欧洲交易所都进行上市。除了常规的传统证券上市流程外，Neste还需要与可持续债券框架保持一致，通过第三方审查，并发布关于债券所资助的项目或活动的年度报告。²⁴

为了定义这些活动，Neste 开发了自己的绿色金融框架，以支持合格资产和项目的（再）融资。Neste 确保遵循国际资本市场协会（ICMA）的绿色债券原则以及亚太贷款市场协会的原则等领先原则。

从发行中筹集的总额为21亿欧元

Neste使用这四只绿色债券的投资用于其可再生和循环解决方案的开发、运营、维护和扩展。这些资金使Neste能够扩大其在新加坡、鹿特丹和加利福尼亚州马尔特的生产能力——资助了可选择性项目、马尔特可再生项目以生产可再生柴油，并在鹿特丹炼油厂增加了可持续航空燃料（SAF）的生产能力。²⁵

案例研究 13

法国航空-荷兰皇家航空10亿欧元绿色债券发行

2023年1月，法航-荷兰航空发布了一

什么？10亿欧元的可持续性挂钩债券，与2025年减少其范围1和3排放的目标相关。可持续航空燃料（SAF）的使用是该债券发行中定义四个杠杆之一。

航空公司最初与SBTi合作，采用

如何？批准的轨迹包括到2030年实现10%SAF使用的目标。该债券与基于每收入吨公里（RTK）-等效的中间目标相联系，目标是在井口到发电的排放强度减少10%。
吨的CO₂

²
与2019年基线相比。在发行债券之前，法国航空公司-荷兰皇家航空公司还建立了一个与可持续发展相关的融资框架。²⁶ 该债券获得了与第二方意见中明确阐述的原则相符的“最佳实践”调整。该债券以两份债券发行。

穆迪投资者服务公司。²⁷
债券额度：5亿欧元，期限3.3年，利率7.25%

优惠券以及一张5.3年期、票面利率为8.125%的5亿欧元债券。该债券需求量超过2.6倍，资产管理公司购买了两个债券部分中的70%以上，而银行和对冲基金分别购买了大约10%。²⁸

：债券发行表明投资者需求旺盛

对订阅与SBTi验证轨迹中的明确、可衡量目标相关的债券的影响。具体应用于SAF融资时，这种债券发行有助于减轻买方可能带来的交易对手风险，因为它为通过SAF达成目标创造了财务激励，从而降低了买方提前退出采购协议的风险。虽然法航-荷兰航空只选择由RSB或ISCC认证的燃料，但未来其他发行人的债券发行可能明确包含可持续性标准，以增强债券的吸引力，如果有需要的话。

结论

资本投资SAF的市场环境复杂。本报告中所提供的案例研究突显了针对不同项目阶段所面临的融资挑战的多种解决方案。

SAF在航空工业的脱碳旅程中是一个关键支柱，提供了实现国际民航组织（ICAO）于2030年达成的全球愿景的最可行方案之一。为了满足本世纪末对SAF的预期需求，需要在接下来的几年内，通过融资决策（FID）的项目需要筹集介于190亿美元至450亿美元的资金。正如本报告所述，众多障碍仍然阻碍了SAF扩大规模的可能性。解决这些障碍需要一种多方面的策略，该策略结合了技术创新、政策框架和创新金融结构，以增加SAF项目在其生命周期内的银行可接受性和投资吸引力。

股权投资领域的资本格局复杂，不同项目阶段（从概念化和预可行性阶段到建设和调试阶段）对资金需求量大。由于这些项目的创新性、时间线较长以及对新兴技术的依赖，传统融资来源（如商业银行）通常将这些项目视为高风险。为了实现SAF的大规模生产，有必要转变融资机制，通过利用私人资本和公共资本的创新方式，以减轻这些感知到的风险，并催化大量的资本流入该行业。

表 3 项目融资生命周期中杠杆适用性概述

	可行性前评估	可行性 + 饲料	FID	建筑	启动
适用性	低 中等 高度				
1. 申请研究/创新基金 开发独一无二的基础设施					
利用当地的专业知识 多边开发银行 在新兴市场中导航					
3. 保障或保险的确保 增强信用状况的工具					
4. 吸引战略性行业投资者 建立未来规模化的生态系统					
5. 保障长期销售合同 关于通过最终投资决定的协议					
6. 从事账务处理和索赔业务 促进投资					
吸引私募股权资本 实现快速扩张					
8. 吸引基础设施投资者 获取更便宜的资本					
9. 结构化投资通过以下方式 收费模式以吸引更多债务					
10. 发行绿色债券以吸引 影响投资者					

尽管难以对各种技术路径进行一般化概括，这份白皮书提出了10个当前和潜在的经济杠杆，这些杠杆来自案例研究并在表3中总结，可以通过采用这些措施来增加SAF工厂吸引投资并推进商业化的可能性。政府、航空公司、投资者以及整个价值链的各方都应发挥各自作用——无论是单独还是合作——以实施这些解决方案。

本报告中所呈现的案例研究和财务杠杆将为通过世界经济论坛举办的航空价值链未来会议奠定基础。[未来的机场](#) 该计划将致力于探讨如何将这些杠杆作用复制到现有的和即将批准的生物航空燃料（SAF）生产途径中，同时深化对政策框架及其对所提出解决方案可行性的影响的评估。

贡献者

世界经济论坛

乔治·帕罗利尼
航空减排引领者

弗拉基米尔·博罗丁
前机场专家

凯恩尼

克劳迪亚·加利亚
全球可持续发展总监

费利克斯·穆伊尔德曼斯
经理，能源和流程工业

致谢

论坛愿意感谢以下专家，没有他们的贡献，这份白皮书将无法完成。然而，这份白皮书并不一定反映这些个人或他们公司的观点。专家建议纯属咨询性质，并不暗示与本文中提出的要点或结论有任何关联。

空中客车公司

弗雷德·埃琴内
高级总监，法规与政策

民航管理局 国际世界

Jennifer Desharnais
总监，可持续发展和环境

迈克尔·罗塞尔
前国际关系高级副总裁

罗米·乌洛亚
高级经理，环境保护与可持续发展

艾可塞瑞斯

黄保琳
执行董事长助理

欧洲复兴开发银行 (EBRD)

詹姆斯·法隆
联合总监，可持续基础设施

罗伯托·冈萨雷斯
董事长，可持续商业与基础设施

国际金融公司

萨穆·萨拉奥
高级行业顾问

三井住友银行

丰田川典
高级分析师，行业研究部

高桥理香
助理副总裁，项目金融部门

Mundys

Alice Bordini Staden
气候战略顾问

Ruggero Poli
主任，能源转型与脱碳

澳洲航空

哈利·约伯恩斯

高级经理 气候战略，集团可持续发展

壳牌

Sarah Nicholas

全球政策与倡导负责人，航空领域

标普全球

韦斯利·蒙特伊罗

全球领先，战略互动与情报集团

世界能源

亚当·克劳伯

副总裁，可持续性和数字供应链

凯瑟琳·怀特

副总裁，零碳解决方案

额外贡献因素

世界经济论坛亦愿向在起草本报告过程中提供咨询的以下宝贵机构表示衷心的感谢：

国际机场理事会世界、空中客车公司、阿尔法纳、毕尔巴鄂比斯开银行、布鲁克菲尔德资产管理、欧洲复兴开发银行、EcoCeres、Infinium、国际金融公司、绿色金融学院、梅里迪亚姆、芒迪、OMV、兰萨捷特、微软、三井住友金融集团、澳航、壳牌、壳牌风险投资、标普全球、SkyNRG、托普索、十二、英国出口信贷担保局、世界能源。

生产

劳伦斯·丹马克

创意总监，Miko工作室

罗丝·奇尔斯

设计师，Miko工作室

Slaymaker, Cat

设计师，Miko工作室

乔纳森·沃尔特

编辑

脚注

1. 基于以下航空公司自愿公布的2030年安全飞行里程 (SAF) 承诺进行的凯恩利分析：北欧航空公司/SAS (约35%) 、联邦快递 (30%) 、联合包裹服务公司 (30%) 、敦豪快递 (30%) 、空中客车 (30%) 、挪威航空公司 (20%) 、瑞安航空 (12.5%) 、美国航空公司 (10%) 、达美航空 (10%) 、法国航空公司-荷兰皇家航空 (10%) 、国际航空公司集团/IAG (10%) 、西南航空 (10%) 、卡塔尔航空 (10%) 、全日空航空/ANA (10%) 、国泰航空 (10%) 、日本航空公司/JAL (10%) 、澳航 (10%) 、jetBlue (10%) 、阿拉斯加航空公司 (10%) 、威兹航空 (10%) 、葡萄牙航空 (10%) 、英国维珍航空 (10%) 、芬兰航空 (10%) 、夏威夷航空 (10%) 、SkyWest航空公司 (10%) 、美国联合航空公司 (10%) 、德国汉莎航空公司集团 (5%) 、新加坡航空 (5%) 、马来西亚航空 (5%) 、墨西哥航空 (5%) 、菲律宾航空 (5%) 、戈尔航空 (1% -至2025年) 、加拿大航空 (1% -至2025年) 。
2. 美国能源信息署。(2024)。国际能源展望2023 – 表格：按地区划分的商业喷气燃料总使用量。 <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=67-IEO2023&cases=Reference&sourcekey=0> .
3. 美国的3亿加仑 (9百万吨) 年度可持续航空燃料 (SAF) 生产大挑战在美国被采纳作为消费目标。
4. 来源：
 - Argus. (2024). 韩国2027年将要求航班使用可持续航空燃料。 <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/2603345-韩国将从2027年起要求在航班中使用SAF>
 - Argus. (2024). 印度尼西亚将从2027年起要求航班使用可持续航空燃料 (SAF) 。 <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/2609725-印度尼西亚将从2027年起要求所有航班配备安全气囊>
 - Clean 50. (2024). 加拿大首个可持续航空燃料路线图。 <https://clean50.com/projects/canadas-first-sustainable-aviation-fuels-roadmap/>
 - 交通部，马来西亚。(2024) 。马来西亚航空业脱碳蓝图。 <https://www.mot.gov.my/en/Pages/Aviation/MADBlueprint%20BI%20FA.pdf>
 - 澳大利亚政府。(2024) 。航空白皮书：面向2050年。 <https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/documents/awp-aviation-white-paper.pdf>
 - Argus. (2024). 日本旨在加强可持续航空燃料 (SAF) 供应法规。 <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/2582074-日本旨在收紧安全供应法规>
5. 基于凯恩尼的分析，截至2024年末，这一4.4亿吨/年的SAF年生产能力数据来源于... 总量可再生燃料产能为每年25万吨 (Mt/a) ，假设每吨平均可得可持续航空燃料 (SAF) 产量为22% ，并且工厂开工率为80% 。这非常接近SkyNRG在2024年“全球SAF产能公告”中的4.5Mt数字，该数字引用于其第6页的可持续性报告。航空燃料市场展望，2024年6月更新， <https://skynrg.com/thank-you-saf-market-outlook-2024/>
6. S&P全球。(2025)。生物燃料价值链服务。 <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/biofuels-value-chain-service.html>
7. 美国能源部。(2020年) 。可持续航空燃料：技术途径综述。第18页。 <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/09/f78/beto-sust-aviation-fuel-sep-2020.pdf> .
8. 经济合作与发展组织 (OECD) .(2018). 经合组织发展援助委员会 (DAC) 混合融资原则。 https://www.oecd.org/en/publications/oecd-dac-blended-finance-principles_dc66bd9c-en.html
9. 英国交通部，英国政府。(2024) 。可持续航空燃料倡议。 <https://www.gov.uk/government/speeches/sustainable-aviation-fuel-initiatives> .
10. 交通运输部，英国政府。(2022年) 。高级燃料基金：指导文件申请人。版本1.1。 <https://www.ricardo.com/media/ea3ldpe2/aff-guidance-v11.pdf>
11. 美国能源部，贷款计划办公室。(2024年12月) 。月度申请活动报告。 <https://www.energy.gov/lpo/monthly-application-activity-report> .
12. 美国能源部，贷款计划办公室。(2024年) 。申请流程。 <https://www.energy.gov/lpo/application-process> .
13. 根据2024年ICCT的研究，到2030年代中期推出的所有新飞机都必须实现净零排放。飞机原始设备制造商 (OEMs) 将需要在零排放推进系统方面大幅增加投资。来源：国际理事会清洁交通 (ICCT) 。(2024)。净零碳预算下飞机的终身排放。 <https://theicct.org/publication/lifetime-emissions-from-aircraft-under-a-net-zero-carbon-budget-jul24/>
14. 世界经济论坛。(2024) 。扩大清洁技术采购：实现净零排放的企业操作手册。 <https://www.weforum.org/publications/scaling-clean-technology-offtakes-a-corporate-playbook-for-net-zero/>
15. 项目SkyPower. (2024). 欧洲电子安全飞行加速起飞。 https://project-skypower.org/sites/default/files/2024-10/Project%20SkyPower%20Insights%20Report%20October%202024_final.pdf
16. 圆桌会议关于可持续生物材料 (RSB) 。(2023)。RSB 图书与声称指南。 <https://rsb.org/wp-content/uploads/2024/06/RSB-PRO-20-001-001-RSB-Book-and-Claim-Manual-3.0.pdf> .
17. 可持续航空买家联盟 (SABA) 。(2024年) 。SABA宣布签署历史性的采购可持续协议。航空燃料证书。 <https://flysaba.org/2024/04/17/sustainable-aviation-buyers-alliance-announces-historic-agreement-to-buy-sustainable-aviation-fuel-certificates-investing-in-clean-fuel-technology/>

18. Infinium. (2025). Infinium宣布C轮融资及收购Greyrock Technology. <https://www.infiniumco.com/news/infinium-announces-series-c-investment-and-acquisition-of-greyrock-technology> . 19. 欧盟理事会. (2023). 欧洲绿色债券：理事会通过新的法规以促进可持续金融. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/24/european-green-bonds-council-adopts-new-regulation-to-promote-sustainable-finance/#:~:text=European%20green%20bonds%20will%20be%20aligned%20with%20the, and%20the%20transition%20to%20a%20climate-neutral%2C%20resource-efficient%20economy> . 20. SAF符合国际开发金融俱乐部《关于气候缓解金融追踪的共同原则》中活动2.1的规定。(2023年)。<https://www.idfc.org/wp-content/uploads/2023/12/revised-common-principles-2023-12-05.pdf> . 21. 气候债券倡议组织. (2021). 气候债券分类法. <https://climatebonds.net/standard/taxonomy> . 22. Neste. (2021). Neste的绿色金融框架及首笔5亿欧元绿色债券. <https://www.neste.com/news-and-insights/sustainability/nestes-green-finance-framework-and-first-eur-500-million-green-bond> . 23. Neste (2023). 年度报告 2023：可再生能源驱动变革。第 220 页。https://www.neste.com/files/pdf/5pSrQ2XvklFNL6GU1cPFNY-Neste_Annual_Report_2023.pdf . 24. 纳斯达克. (2024). 可持续债券上市 <https://www.nasdaq.com/solutions/listing-of-sustainable-bonds> . 25. Neste. (2023). 绿色金融报告 2023. https://www.neste.com/files/pdf/2C2QgEprNYVxlOgq4zfVAN-Neste_Green_Finance_Report_2023.pdf . 26. 法国航空-荷兰皇家航空 (2022) 。可持续发展融资框架。https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/2022-12/AFK_ESG_V5_VA.pdf . 27. 摩根士丹利投资者服务公司. (2022). 法国航空-荷兰皇家航空集团：第三方意见 - 可持续性关联融资框架分配SQS2可持续发展质量评分. <https://www.airfranceklm.com/sites/default/files/2022-12/Assessment%20-%20Air-FranceKLM-Group%20-%202020Dec22.pdf> . 28. Cobat, Fabien. (2023). Air France-KLM €1bn inaugural sustainability-linked bond. Natixis. <https://gsh.cib.natixis.com/our-center-of-expertise/articles/air-france-klm-1bn-inaugural-sustainability-linked-bond#:~:text=On%20January%209th%2C%202023%2C%20Air%20France-KLM%20has%20successfully,as%20part%20of%20its%202030%20SBTi%20approved%20trajectory> .



COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD

世界经济论坛致力于改善
世界状况，是国际公私合
作组织。

论坛邀请社会中最杰出的
政治、商业和其他领导者
，共同塑造全球、区域和
行业议程。

世界经济论坛
91-93 route de la Capite
CH-1223 Cologny/Genev
a Switzerland

电话：+41 (0) 22 869 12
12 传真：+41 (0) 22 786
2744 contact@weforum.
org www.weforum.org