零碳飞行：航空公司的绿色发展之路

新冠疫情深刻改变了航空业，也为航空公司应对气候变化，实现零碳飞行提供了最佳机会。可持续航空燃料(SAF)将是零碳飞行战略的关键所在。

作者：谢乔、沈思文、廖绪昌、Daniel Riefer、陈子

新冠疫情毫无疑问重创了航空业，使其在 2020 陷入历史性低谷。

截至 2021 年 5 月，虽然国内航空运输已基本恢复至疫情前水平，但国际航线客运量始终处于超 9 成的断崖式下跌困境。至于何时恢复，则取决于疫情形势以及防控要求等不受行业控制的因素。

从长远来看，航空业在需求和行业整合方面很可能会经历结构性变化。这些变化可以为航空业构建低碳未来创造绝佳机会，航司则有望从脱碳困局中突围。

全球航空业在提高燃油效率上的成绩斐然：国际航空运输协会（International Air Transport Association）的数据显示，1990 年以来，每客公里的燃油消耗量已减少一半。当前的需求危机给那些长期以来希望做出改变的航司提供了契机，在强调燃油效率的同时退役油耗较高的老旧飞机（延伸阅读:《航司高管面临的 5 个问题》）。机队的年轻化和燃油效率的提高对于脱碳固然重要，但在高速增长的市场，增量总是很轻易地超过存量的减少。碳抵消则是更有前景的领域，在全行业采取必要行动逐步降低自身排放量的过程中，它可以充当过渡手段。

既能实现航空业转型，又能将行业的增长宏图与《巴黎协定》温控目

https://www.yunbaogao.cn

标协调一致，唯一的选择是使用可持续航空燃料（SAF 为 sustainable aviation fuel 的首字缩写）。与化石燃料相比，它可将碳排放减少 70%甚至接近 100%。

虽然可持续航空燃料目前存在价格过高和供应不足等问题，但航司管理层应将其视为脱碳候选方案中颇具前景的一项。为加快推进这一方案，航司可在降低成本的同时，通过有针对性的投资和采购来增加其使用（SAF 目前占全球航空燃料总消耗量不足 1%）。

由于减碳挑战涉及业务面非常广泛，任何解决方案都需要政府、技术公司和供应商等多方发力，关键在于创建一套合适的监管框架和激励机制，避免任何一方孤军奋战。

全球航空业已经采取许多措施来应对不断增长的排放量。2009 年，行业便制定了远大目标，包括从 2020 年开始实现碳中和增长，以及到 2050 年将净排放量减少至 2005 年的一半。

中国政府提出了 2030 年碳达峰、2060 年碳中和的宏伟目标。航空业的主要企业均为中央国企，实现零碳飞行既是企业自身变革的需要，也是承担国家使命，创造社会价值的时代机遇。

为实现联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change）提出的，所有行业、企业和国家/地区应将全球升温幅度控制在与前工业化时期相比上升 1.5°C 以内，包括航空业在内

https://www.yunbaogao.cn

的交通运输行业正面临着更大压力。麦肯锡设想的一组达成 1.5°C 目标的情景显示，预计到 2030 年航空业碳排放将需要减少 18%至 35%1。

航司正努力协调减排目标和经济利益，包括积极提高运营效率，投资数十亿美元对飞机进行现代化升级，如提升空气动力学效率和采用轻型材料发动机等。但这些措施对行业的影响比较有限，最多只能将排放量减少 20%至 30%。

燃料通常占到运营成本的 20%至 30%，是航司最大的运营成本项目之一。每千克航空煤油会产生 3.15 千克 CO23，因此航司积极采用燃油效率更高的飞行、滑行和机场运营方案。同时也通过减少额外的燃油载量，并采用轻量化的材料来减轻飞机自重，以提高燃油效率。

我们对航司最近的调查发现，尽管航司往往能够采取上述措施来提高效率，但却只发挥了其中 50%的潜力。只有少数航司从文化角度成功影响了员工的行为和主观决策。事实上，这一点至关重要，因为飞行员、飞行签派员和其他相关员工在准备和实施安全飞行方面有相当大的自主权，对燃油消耗会产生直接影响。

为了提高燃油效率，航司应借助高阶分析技术来确定需要改进的细节，并系统化推动一线员工行为的改变。例如，在一个行为学项目中，维珍大西洋航空公司（Virgin Atlantic Airways）成功展示了如何通过微妙的干预来改变飞行员的行为，使之减少燃油使用量。

https://www.yunbaogao.cn

该航司将全部 335 名飞行员随机分成四组，其中一组设置为对照组，另外三个实验组则被告知参与一项燃油使用研究项目，他们会获得各自燃油使用情况的反馈，包括针对燃油装载、飞行优化和滑行效率的月度评估。最终，三个实验组都比对照组节省了更多的燃料，其中一组作为“社会责任组”被告知如果能够达标，公司将进行慈善捐赠，该组不但节约了燃油，工作满意度评分也比其他实验组高出很多。

根据 Teal 公司的数据，仅 2018 年，各航司在新飞机上的投资就接近 1200 亿美元。现代化的远程双发飞机正在取代四发飞机，它配有更加高效的发动机，可将每位乘客的燃油效率提高 20%。

中国航司积极推进机队升级，其中东航引入 A350、B787 等新一代机型，并在机队中持续推进飞机小翼加装和发动机改装以提升燃油效率；南航机队平均机龄保持在 6.5 年左右，同时完成了 130 台发动机的节油升级改造，90 架飞机加装了翼尖小翼项目。

航司在制定机队战略时，不仅要考虑燃油的预测价格，还应考虑未来的碳成本。如果将碳排放作为一项燃油成本溢价，航司便可加快机队优化，更快地采用电气化等未来航空技术。

新一代推进系统（如电力和氢动力）有朝一日或将取代传统的涡轮动力飞机，特别是执行短途飞行任务的小型飞机。近期，小鹏汇天发布第五代飞行器 X2，八组独立电池可实现 35 分钟续航时间，最大飞行速度可达 130km/小时。

然而，在未来 30 年或更长时期，用纯电动飞机搭载 100 名以上乘客似乎不太现实。由于电池的能量密度低于燃油，在目前的技术水平下，飞机需要装载超过50千克的电池才能等同于1千克燃油所提供的动力。此外，由于电池的重量不会像燃料那样随着燃烧而减少，所以在飞行过程中，全程负载如此大的重量也需要消耗能量，对于长途飞行尤其不利。

电力推进可以首先从混合动力或涡轮电力飞行开始，随着喷气式发动机变得更小、更轻、耗油量更少，燃油效率将进一步得到提高。

飞机也可以使用氢动力，要么来自直接燃烧（氢涡轮），要么通过燃料电池实现。氢气在燃烧过程中不会排放 CO2，还能显著抵消其他导致全球变暖的物质，如煤烟、氮氧化物和高空水蒸气（氢还可以作为 SAF 的原料，后文将详细介绍）。

碳抵消，或称碳补偿，是指通过减少其他地方的碳排放来抵消自身的排放，规模不限，且适用于各行各业。航司正积极参与其中。事实上，航空业有望成为全球植树造林活动的重要赞助方。

例如，南航推出“绿色飞行，按需用餐”服务，通过提供免餐食兑换积分的选项，帮助旅客实现个人碳抵消。2021 上半年，南航实现餐食减重达 1,060 吨，节约机上燃油约 80 吨，同时减少因粮食造成二氧化碳排放约 2,180 吨。后续南航还将推出取消免费行李额等低碳出行服务。另外，南航也将推出线上买树、线下植树活动，以抵消航空出行产生的碳排放，实现“碳抵消”，同时将植树信息同步给旅客，颁发植树勋章，增强与旅客

的互动，提升旅客参与度和成就感。

全球许多航司在国际民用航空组织（International Civil Aviation Organization）发起的国际航空碳抵消和减排计划（CORSIA）的要求之外，还郑重作出了碳抵消承诺，并让客户自行支付碳抵消成本。但总体而言，只有大约 50%的航司为客户提供抵消飞行排放的机会，而且过程可能很繁琐，需要跳转到一个单独的网站才能进行操作。我们的调查显示，只有不到 1%的乘客会使用自愿碳抵消的服务。

不过，液态氢的体积是煤油的 4 倍，因此使用液态氢会挤占乘客或货物的空间。此外，机场还需要新的平行加油设施，包括能够储存液态氢的燃料卡车。远程飞机的加油时间将延长，这会影响登机口和飞机的利用率。未来 10 年，小型氢动力飞机是可以成为现实的。对于 100 座级以上的飞机而言，则需大力发展飞机设计和制造技术，同时克服基础设施方面的限制。

可持续航空燃料（SAF）是一种可以实现全面脱碳的解决方案，但其在供应和需求方面都面临挑战。SAF 燃烧时产生的碳排放量与传统航空燃料相同，其优势在于生产过程中可以吸收 CO2，因而能将整个生命周期的碳排放量减少 70%至 100%。

我们的分析发现，在 1.5°C 控温目标的路径下，到 2030 年 SAF 必须占到航空燃料的 20%。即使允许运输业在脱碳方面落后于其他行业，也至少应占到 10%。

https://www.yunbaogao.cn

相比之下，先进生物燃料是一个更具可行性的短期方案。用植物油或废油制造航空燃料的技术可行性已经得到证实，产品也获得了认证，一些航司甚至已经在日常运营中使用这种燃料。但要获得合适的原料并构建起供应链是很难的，建造生产设施和炼油厂的成本也很高。“地沟油”是一种主流的生物燃料原料，但其来源分散，且收集成本高昂。其他植物油的生产、收集、运输和燃料转化成本也都很高。

原料来源不当还可能导致森林砍伐和作物单一等其他环境风险。有关方需谨慎挑选生物燃料的原料来源，以免出现燃料和粮食抢夺资源的情况。

国泰航空(Cathay Pacific Airways)和美国联合航空(United Airlines)等航司还对垃圾处理设施进行了投资，以展示如何将生活垃圾进行气化处理，并转化为航空燃料。在一些地区，用木渣发酵制成可持续航空煤油，也有望成为一种可行的方案。

另外，用氢和捕获的碳制成的合成燃料，这一方案有望得到大规模使用。这种合成燃料需要水和可再生电力来生产氢，还需使用 CO2。目前，这些电力转液体燃料的成本是传统煤油的好几倍，我们预计未来几年绿氢

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：
https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_31469