

航空中的氢：需求、价格动态 和二氧化碳减排潜力的模拟



来源：民航环境与可持续发展智库

一、文章简介

使用氢作为替代燃料是减少航空对气候影响的方法之一。目前对于氢在民航业中的应用有两种技术路径：氢燃料电池和氢的直接燃烧。本研究考虑了液氢飞机的技术进步，开发了一个氢的需求模型，对飞行需求以及生命周期进行预测。分析表明，到 2050 年，全球航空业对液氢的需求可能达到 1700 万吨，从而使全球航空业的二氧化碳排放量减少 9%。因此，考虑到由于飞机退役周期，预计到 2050 年该模型中在合适航线上运营的氢飞机的总市场份额仅为 27%，但氢动力在航空领域的使用总潜力远远超出了这一范围。此外，实现航空氢的潜在需求取决于特定的市场价格。随着目前生产成本的预期下降，并假设生物燃料是除氢之外最便宜的脱碳选择，到 2050 年，氢燃料成本将需要达到约 70 欧元/兆瓦时才能满足航空业的全部需求。如果合成燃料（e-fuel）与氢能源是实现脱碳的唯一选择，根据本研究的估计，氢气价格将大幅上涨到约为 180 欧元/兆瓦时，使航空业的整个氢气需求潜力将得到满足。

二、研究方法

文章围绕预期的液氢飞机技术进步、预测的航空需求以及飞机的启用和退役周期，开发了一个氢需求预测模型。使用包含三个模块的模型框架来估计未来航空对氢能源的需求。三个模块具体如下：

交通需求模块：该模块使用了德国航空航天中心（DLR）开发的交通预测方法，负责模拟每个机场之间未来的交通需求。主要以 5 年为时间单位，对 2050 年前的乘客数量和航班次数这两个参数进行建模。

飞机退役预测模块：此模块利用国际民航组织（ICAO）航空环境保护委员会（CAEP）使用的逻辑回归模型，预测在每个 5 年预测期间内正在服役的飞机的退役情况。模型中的系数包括飞机使用时间和飞机类别（如螺旋桨飞机、支线飞机、窄体飞机和宽体飞机），这些系数决定了个别飞机根据其使用期限的服役概率。通过应用飞机特定的 5 年期内条件服役概率，来确定每架飞机在下一个时间段是否可用。

新飞机服务投入模块：该模块是一个包含未来将投入服务的飞机的模型，其中包含可用飞机的列表，以及它们的顶级性能，如具有商业可行载荷的最大航程，并且有一个算法来为特定航线分配最合适的飞机。这个算法基于距离、乘客需求和退役飞机后剩余的机队情况，为每条航线分配最合适的飞机。使用飞机利用率回归模型来计算为满足交通增长和之前由退役飞机服务的交通所需的飞机交付数量，该模型基于个别航班的平均飞行长度来确定飞机每年可以飞行的总距离。

使用机场基础设施调整和飞机开发的相关成本，分析氢的生产和使用成本，包括生产、分配、液化成本。考虑作为低碳能源载体的意愿支付能力，并结合航空旅行需求的价格弹性估算氢能在航空中的特定价格需求曲线。

确定氢在航空应用中的两种主要技术路径：氢燃料电池和氢的直接燃烧。并基于情景分析的方法，考虑了水蒸气等非 CO2 因素影响，利用评估框架评估不同情景下氢需求和氢能使用对 CO2 减排潜力的变化。文章结合技术、经济和环境因素，全面评估氢在航空业中的潜力和实施挑战。

三、研究结论

氢能在航空业的应用在技术上是可行的，但需要考虑一些技术限制，如氢飞机的投入使用年份、成本、机场的氢燃料加注和储存基础设施的成本、氢飞机的全球接受度、市场份额以及传统飞机的退役率等。目前全球或国家层面上不存在氢市场，氢不是公开交易的商品，因此没有市场定价。但随着对氢能作为能源载体的战略兴趣增加，预计未来氢需求将显著增加，可能导致国家间对绿氢的竞争，影响氢能源的市场价格。航空业的相关利益主体，包括机场、航空公司以及飞机和推进系统制造商，将需要在未来几年做出艰难的、资本密集的长期投资决策。如果希望推广氢在航空业的使用，那么必须引入适当的立法和激励（资助）措施。预计氢能的使用将面临来自重工业等其他部门的竞争，特别是钢铁生产等愿意支付更高价格的行业。

四、政策建议

引入对航空业使用氢的补贴，以平衡不同部门的需求曲线。

通过差价合约（CfDs）为航空公司提供经济风险的对冲。

引入示范项目，如欧盟资助的氢飞机项目，以积累操作经验并作为实际使用的信号。

与欧洲以外的氢生产公司建立直接的贸易关系和供应合同。

政治层面上推动建立氢生产设施，尤其是在海外的项目。

至少在欧洲层面上，最好是全球层面上，引入支持航空业使用氢的政策框架和支持措施。

文章强调，为了实现氢能在航空业中的成功应用，需要政府、行业和其他利益相关者之间的协调合作，以及明确和一致的政策支持。

文献引用

Oesingmann K, Grimme W, Scheelhaase J. Hydrogen in aviation: A simulation of demand, price dynamics, and CO2 emission reduction potentials[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2024, 64: 633-642.

资料链接：

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924010723#sec3>

资料搜集：赵慧杰 石晶华

校对：张奕野 杨诗琪

审核：陈俣秀