



脱碳倒计时开启

全球航空业能否「氢」装上阵

深瞳工作室出品

采写：本报驻法国记者 李宏策
策划：王俊鸣 冯卫东

3月22日至23日，首届国际清洁航空论坛将在比利时布鲁塞尔举行，论坛的主题是“清洁航空起飞”。如何能飞得更清洁，已经成为航空业发展的核心问题。

联合国将本世纪中叶实现全球净零排放作为当前全人类最为紧迫的使命。2018年，一场名为“飞行耻辱”的运动自瑞典发起并很快席卷欧洲，越来越多的人开始选择更加绿色的出行方式。大势所趋，浩浩汤汤。航空业如果不能革新转型，迎来的将是淘汰降级，而由此引发的新一轮技术革命和全球竞争已然拉开序幕。

航空脱碳势在必行

2050年前碳排放要比
2005年减少50%

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)报告指出，要保持全球升温较工业化前水平控制在1.5摄氏度内，在2050年实现二氧化碳净零排放的目标至关重要。2015年《巴黎协定》签署以来，尽快实现碳中和正在全球范围取得共识，主要行业在本世纪中叶实现净零排放已是大势所趋。作为全球经济活动重要组成和支撑的航空业，必然要积极变革，主动作为。

早有远虑的航空业自2007年就已经开始探索全行业减排，很多民航相关的国际机构和组织都制定了相应规划，其中最为重要的是国际民航组织(ICAO)在2016年通过的国际航空碳抵消和减排计划(CORSIA)。由此形成了第一个全球性行业减排市场机制，航空业也由此成为世界上第一个由各国政府协定实施全球碳中和增长措施的行业。根据该计划，全球航空业2050年前碳排放要比2005年减少50%。

2021年，在新冠肺炎疫情冲击下，全球航空业经历了连续两年史无前例的重创，同时也在苦苦寻找新的发展方向。与此同时，欧盟和美国先后确定了2050年实现碳中和目标。欧盟委员会于7月提出“Fit for 55”法规以确保2050年实现碳中和。美国紧随其后，在11月发布《迈向2050年净零排放的长期战略》，公布了实现2050年碳中和的时间节点与技术路径。美欧作为航空业的两大“引擎”，都不约而同将航空业减排目标大幅提前：明确到2050年实现净零排放。

由于航空业具有跨境属性，必然涉及国际协商，欧美在确立新目标后随即会着力向全球推广。

2021年10月，代表全球航空运输业的航空运输行动小组(ATAG)敦促国际民航组织成员国根据行业承诺，支持在2022年第41届国际民航组织大会上通过一项长期的减排目标。

在2021年11月召开的第26届联合国气候变化大会(COP26)上，英、美、法等23个国家组成“国际航空气候雄心联盟”，签署《国际航空气候宣言》，旨在加强政府间合作，为国际航空排放设定具有雄心的长期目标。特别提出支持国际民航组织通过雄心勃勃的长期目标，敦促ICAO做出2050年实现净零排放的具体承诺。与此同时，成员包括290家航空公司的国际航空运输协会(IATA)对2050年净零碳排放飞行计划表示支持。

时间转入今年2月，在欧盟轮值主席国法国主持下，42个发达国家于欧洲航空之都图卢兹签署《关于航空可持续发展和脱碳的图卢兹宣言》，呼吁全球采取共同行动，到2050年实现航空业脱碳目标，以遏制全球变暖。欧美等国希望通过这一不具约束力的倡议引发连锁反应，从而推动在第41届国际民航组织大会上通过全球航空运输脱碳承诺。该倡议同时得到空客、法航、达索等146家行业公司的支持。各方强调，在ICAO框架下开展国际合作对于保证全球公平竞争至关重要。

国际民航组织理事会主席萨尔瓦托雷·夏基塔诺出席了此次活动，他强调，尽管疫情及其影响仍在持续，但各国政府及航空业仍做出了雄心勃勃的决定，采取了实际行动以促进实现国际航空脱碳。

以上种种，最终都“剑指”国际民航组织即将在9月召开的大会。该组织正紧锣密鼓开展国际航空二氧化碳减排长期全球目标(LTAG)的研究和磋商。3月底至4月初，该组织将就召开全球航空对话，相关协商进展将提交LTAG高级别会议，最终将在9月大会上做出表决。2050年实现航空业脱碳无疑将是一个极具雄心的目标，无论国际民航组织最终做出何种承诺和约束，航空业开展脱碳都已经箭在弦上。

航空技术酝酿巨变

要实现航空脱碳，技术上
能否取得突破是关键

虽然航空业并非碳排放的超级大户，但绝对是碳排放的“困难户”，主要原因在于长途飞行还显著依赖于化石燃料，要实现航空脱碳，技术上能否取得突破是关键。

法国《回声报》认为，当前航空业即将迎来第三次航空革命。第一次航空革命是20世纪初莱特兄弟的第一架飞机成功试飞；第二次革命是上世纪50年代，涡轮式风扇发动机的问世宣告航空业进入黄金时代。那么第三次航空革命究竟是什么？

德国西门子电力飞行技术负责人弗兰克·安东博士对此毫不犹豫地给出了答案：电。安东指出：“电力推进技术是航空业的发展方向，否则航空业将没有未来可言。”西门子团队已初步完成了油电混合推进系统的设计、研发与试飞工作。2015年，西门子推出的电动飞机电机，重量仅为50公斤，但功率却高达260千瓦，实现了全球首架250千瓦级电动飞机的首飞。未来，通过电力系统的不断优化和电池技术的进步，西门子希望研发出满足100座的混合动力航空装置。

对于法国同行，该问题的答案同样是一个字：氢。

2021年，在新冠肺炎疫情冲击下，全球航空业经历了连续两年史无前例的重创，同时也在苦苦寻找新的发展方向。美欧作为航空业的两大“引擎”，都不约而同将航空业减排目标大幅提前：明确到2050年实现净零排放。由于航空业具有跨境属性，必然涉及国际协商，欧美在确立新目标后随即会着力向全球推广……

法国民用航空研究委员会(Corac)今年1月发表了航空运输脱碳技术路线研究报告。该报告认为，未来需要通过不断提升氢能飞机占比来实现行业脱碳。在其规划的路线图中，法国可在2030年推出新一代中短途飞机，利用降低油耗和生物燃料实现碳中和；2035年推出短途氢能飞机；2045年推出中程氢能飞机；至2050年，氢技术可为航空业全部碳中和贡献29%。在另外一项更为激进的欧洲联合研究报告则指出，用氢代替燃油可将航空运输对气候的影响降低50%到70%。

电和氢是目前两个主要的推进技术研发路线。法国蒙田研究所报告对此指出，考虑到储电和燃料的能量密度，纯电推进的应用将主要是小型飞机。对于大型飞机，混合动力推进可作为实现完全电气化的过渡技术。混合电力推进可以通过将传统发动机与电力推进串联或并联组合。这一概念已在汽车行业先行应用。

根据目前的技术展望，100座以上的全电动飞机难以在2050年前投入使用。19座以下的小型飞机业务正在增长，但目前仅占全球航空总排放量的不到1%。对于中远程大型飞机，更为现实的技术选择似乎只有氢气和可持续航空燃料(SAF)。这里的氢推进与依靠氢气发电的燃料电池不同，氢推进飞机是将氢气燃烧作为发动机燃料。

目前，欧美主要国家都将氢推进视为飞机脱碳的最佳候选者，也是2035年可实现的主要技术解决方案之一。氢燃料的优势在于燃烧温度高，可以提高发动机的热效率，并且是零碳排放。从发动机制造商的角度来看，用氢代替燃油并不困难，主要是解决氢燃烧带来的材料耐高温问题。即使有必要进行调整，发动机的90%都可能保持不变。选择氢的主要困难在于飞机上的存储问题，相同的机载量下，氢燃料的重量是传统燃油的三分之一，但所占体积是燃油的4倍，这需要对飞机结构做出调整。且液态氢需要在零下253摄氏度低温储存，储罐材料对隔热、抗振动和冲击、承重、密封有很高要求，需要专门开发一种能够在飞机应用要求下承受热循环和压力循环的液氢储罐。

根据法国蒙田研究所的预测，为了实现2050年脱碳目标，目前占全球航空排放约3%—4%的区域航班(主要为100座以内小飞机)可以基于混合电力推进和氢燃料电池实现脱碳；占航空排放约67%的中短途航班(主要为100至250个座位的中型客机)可以主要依靠氢推进技术；占航空排放约30%的长途

航班(主要为250座以上的大型客机)还需要依靠可持续航空燃料。

除了推进技术外，航空脱碳还需要在改善空气动力学，优化引擎性能，增加数字化等渐进性技术领域取得进展。

航空巨头纷纷入场

欧美航空企业加快研制
氢能飞机

在欧洲，2020年9月，空客推出了ZEROe零排放商用飞机项目，公布了三款混合氢能概念飞机，分别用涡轮螺旋桨、翼身融合和涡轮风扇三种类型的发动机，利用燃烧氢气作为燃料，暂定于2025年原型机试飞，2035年投入使用。

今年2月，在公布氢能飞机项目20个月，空客宣布与通用和赛峰的平台合资公司CFM国际公司强强联合，双方决定于2025年左右共同启动氢能飞机示范项目。该项目旨在对氢燃料发动机进行地面和飞行测试，为2035年推出第一款零排放飞机做好准备。该示范项目将使用A380测试飞机作为飞行测试平台，配备由空客在法国和德国的工厂准备的液氢罐。从2026年开始，空客将在A380巡航期间对氢燃料发

对中国而言机遇和挑战并存

零碳飞机涉及新技术的
开发，大家都在同一个起跑线上

法国《费加罗报》文章称，多位国际航空观察家认为，零碳排放飞机的竞赛对中国来说是一个最终打入商用航空市场的历史性机遇。全球咨询公司Alix-Partners董事总经理尼古拉斯·博格兰和帕斯卡·法布尔相信：“零碳飞机涉及新技术的开发，长期投资的中国当然有牌可以打。”正如另一位专家总结的那样：“大家都在同一个起跑线上。”

中国旅法航协副会长叶伟明博士在接受科技日报记者采访时表示：“在氢能飞机的研发方面，各国都在同一起跑线上。这对中国来说是一个重要的机会。”叶伟明称，中国航空业和能源工业必须抓住第三次航空革命的历史机遇，尽快起步。中国在经典航空发动机领域仍处于追赶阶段，建议中国航空制造尽早向新能源技术方向跨越，大胆转型。

中国旅法航协副会长、空客研发工程师丁一对记者表示：“空客零碳大飞机已经明确氢能技术路线。对于中国民航事业，氢能等新能源飞机架构和发动机，可能是弯道追赶的机遇，同时仍然是需要积累沉淀的长期挑战。零碳飞机这一新赛道的本质还是航空制造业，需要立足我国型号任务稳中求进，在设计理念、制造工艺和测试手段等方面努力缩小差距。”

半个多世纪以来，空客和波音通过技术进步不断取得领先，但在变革之下，曾经的“巨无霸”并不能保证在未来持续领先。对于是否选择氢能，空客和波音已经分道扬镳，一个满怀壮志，一个保守观望。航空业要在不到30年内实现脱碳，必须依赖颠覆传统的科技突破。未来航空业能否“氢”装上阵，取决于大胆创新，也取决于胆识和远见。

相关链接

氢燃料与交通运输

作为一种绿色、高效、可持续的二次能源，氢用于燃料由来已久。

当世界上第一台内燃机投入使用时，它所采用的燃料并非汽油或柴油，而是氢气。1804年，法国、瑞士发明家艾萨克·德里瓦兹在成功地设计了几辆以蒸汽为动力的汽车后，开始尝试使用具有爆燃特性的燃料来取代蒸汽。他的第一个试验就是研究发动机气缸内燃料爆燃膨胀后推动活塞运动的基本原理。当时，他使用氢气和氧气混合点火驱动内燃机运转，试验取得了初步成功。1807年，他将试验原型发动机安装在一架四轮马车上，驱动马车行驶了一段距离，此举使这辆马车获得了“世界第一台由内燃机驱动的汽车”的殊荣。

在20世纪，汽车企业、大学、发明家和爱好者都在进一步测试由氢驱动内燃机的可行性。在1970年，发明家保罗·迪格斯为燃气动力内燃机的改进申请了专利，他的设计让汽油发动机可以依靠氢气运行。如今，氢燃料发动机已经被证明具有向从小轿车到公共汽车等各种车辆提供动力的能力。

几十年来，航天工业一直在使用液体氢作为氢氧火箭发动机的推进剂，为太空探索提供燃料。

氢作为飞机燃料的研究同样有相当长的历史。早在1957年，美国国家航空咨询委员会(NACA)利用氢作为燃料让马丁B-57轰炸机飞行了20分钟。1988年，世界上第一架使用液态氢作为燃料的试验性商用飞机升空。这架由苏联研制的图-155共进行了约100次试飞。30多年后的今天，航空业再次将注意力转向氢燃料商用飞机。



动机进行测试。

在美国，今年2月，普惠公司被美国能源部高级能源研究计划署选中，为商业航空开发新型、高效的氢燃料推进技术。

普惠公司参与的“氢气蒸汽喷射、冷间涡轮发动机”项目将使用液态氢燃料，通过回收水蒸气大大减少飞机凝结尾迹，从而实现零温室气体排放飞行，并将氮氧化物的排放减少80%。该项目采用的半封闭系统架构将比燃料电池具有更高的热效率，相比使用“滴入式”的可持续航空燃料，总运营成本可能进一步降低。这是普惠公司和高级能源研究计划署之间的首次直接合作，以支持航空业在2050年实现飞机二氧化碳净零排放这一战略目标。

根据法国《回声报》报道，波音似乎仍然对2035年实现氢动力飞机的可行性保持保留态度，波音更倾向于优先考虑使用替代燃料运行的传统机型。

在俄罗斯，俄罗斯国家技术集团(Rostec)2021年7月宣布启动一项为航空和地面应用开发氢动力发动机的计划。俄罗斯联合发动机公司首席设计师尤里·什莫廷称：“为了减少航空业的碳足迹，氢燃料的使用是最有前途的发展领域之一。我们正在考虑两种主要技术：在改进的燃气轮机中直接燃烧氢燃料，以及使用氢燃料电池发电。”



视觉中国供图