

TTBW——生态客机概念正在走向现实



高旭 王秀香

针对全球清洁交通的倡议，美国国家航空航天局（NASA）启动研发了一项新技术，目标让未来客机对环境造成的影响尽可能降低为零。该计划目前处于成型阶段，概念研究瞄准2040年起投入使用（下文简称2040+），近期目标是在十年内提出超高效X飞机可持续客机技术演示验证的建议。

2040+ 概念

为了同时满足日益增长的航空运输需求和绿色环保要求，美国着手未来先进飞机的发展，并将其分为“N+1”“N+2”和“N+3”三个阶段，其中“N”是2008年进入服役、以波音787为代表的飞机。N+概念帮助识别并推动了针对噪声、排放和燃料燃烧的多个创新，并利用了NASA在2005~2020年期间亚声速固定翼（SFW）项目上的成果。SFW项目如今被称为“高级航空运输技术”（AATT）项目，从环境友好航空（ERA）项目衍生而来，开始于2010年。

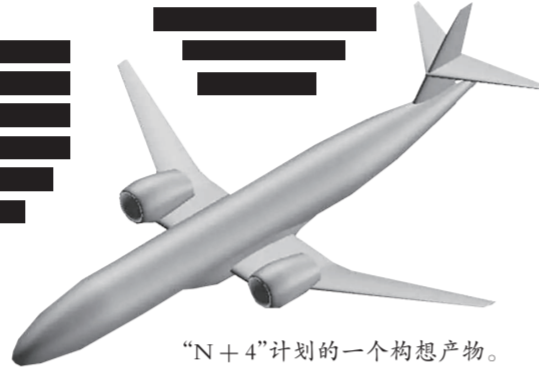
什么是TTBW？

随着NASA加快推进新推进系统和超声速技术的飞行测试，2040+概念研究和“可持续飞行演示”（SFD）验证已开始推进，更多的未来技术研究正在进行。这些技术最早是由NASA、波音和其他公司在“N+3”的高级概念研究中提出并评估的，其中包括多功能轻质结构和电气化飞机推进系统，以及新的机身外形，如波音的“跨声速桁架支撑机翼”（TTBW）概念。波音已经对TTBW布局进行了详细研究的计划，但仍表示验证机的最终布局将参考来自工业界的建议。

前期，波音和NASA已经共同开展了三个阶段的风洞试验研究，分别是2010年的第一阶段试验、2014~2015年的第二阶段试验以及2016年初完成的第三阶段试验。

第一阶段的研究表明，相比传统悬臂式机翼布局，TTBW能够降低5%~10%的燃油消耗。但是，为了确保大展弦比细长机翼不致发生颤振而付出的重量代价，在当时来说还具有很大的不确定性。

第二阶段，波音与弗吉尼亚理工学院和佐治亚理工学院合作开发了TBW布局的有限元模型，并通过风洞试验测试一个动态相似的TBW模型来完善和验证有限元模型，进而获得对结构重量的精确评估。第二阶段的试验在NASA兰利研究中心的跨声速风洞中进行（测试



“N+4”计划的一个构想产物。

模型。试验结果表明，虽然TBW布局内翼的刚度远远低于传统机翼，但是为了避免颤振发生而只需付出较小的代价。TBW布局是可行的。

第三阶段，波音在2015~2016年继续开展试验，以进一步了解TBW的

高速气动性能和桁架与机翼的干扰影响。试验模型采用4.5%缩比模型、机翼平均后掠角12.5°、翼展2.35米的模型，换算到全尺寸相当于翼展52米，而安装了翼梢小翼的波音737-800翼展仅为36米。试验测试了较广的风速范围，从最小的Ma0.5到最大Ma0.795、再到俯冲Ma0.865。

在试验中，研究人员测试了两种不同的桁架支撑结构，两种结构和机翼的连接位置完全一致，都由一个主翼柱和一个辅助翼柱组成。两个主翼柱分别被称为“基线翼柱”和“备选翼柱”。基线翼柱采用和机翼下表面直接呈锐角相连，而备选翼柱同机翼下表面的连接采用直角形式，类似于短舱挂架同机翼的连接方式。两种支撑柱的试验结果差别很小。备选翼柱的阻力稍大，而操纵性可能更好。基线翼柱的方案由于气弹和刚度特性更好，目前更受青睐。

在试验的飞行包线内并没有测得抖振现象，而根据悬臂梁经验理论预测，抖振会在俯冲马赫数和特定升力系数下发生。

新一代TTBW机翼

2019年初，波音公布了最新一代TTBW。相比最初的TTBW布局采用无后掠机翼、以Ma0.75的省油速度巡航，新布局采用约20°后掠角的机翼，这使得巡航速度可以提高到Ma0.8（目前比较典型的喷气式客机巡航速度）。

波音TTBW项目经理尼尔·哈里森表示：“在之前的设计中，机翼和桁架的位置有些重叠的部分。然而，由于更高马赫数的布局变化，机翼已经向前移动。当我们把这两个分开时，能够从空气动力学的角度比以前更多地利用桁架。”

新设计增加了后掠角并修改了机翼的厚度。为了重新平衡飞机的重心，机翼根部也向前移动，翼柱根部向后移动。重新设计的桁架结构增加了翼柱与机身连接处的弦长，翼柱后缘前掠，弦长自根部向连接处逐渐减小。

波音重新设计后增加了后掠角，并修改了机翼的厚度。为了重新平衡飞机的重心，机翼根部也向前移动，桁架结构也随之进行了重新设计。其中，主翼柱的根部向后移动，增加了与机身连接处的弦长，后缘前掠，弦长向桁架与上机翼的连接处逐渐减小；辅助翼柱的位置向外翼方向移动。

哈里森表示：“桁架现在可以产生升力。在上一代翼柱支撑布局飞机上，翼柱会将载荷传递到机翼下表面（不

利于结构减重）。现在通过解耦，我们可以进行气动和结构的优化，以实现性能的最大化。”机翼和翼柱的这种“解耦”减少了两个表面之间的空气动力学相互作用，并产生了一些额外的好处，包括改进了横截面积分布，降低了可压缩性阻力。

辅助翼柱的外移使得主翼柱的最外层部分在机翼附着点处变薄，减少



将翼柱从机翼下方移出，使其能够承载升力，并有助于提高飞机的空气动力学性能。

了跨声速干扰阻力，提高了内侧强度，从而提高了翼柱产生的升力。此外，机翼还充当了流向整流器，避免高升力时在翼柱内侧进行失速保护。机翼和翼柱连接点的流动分离增加了结构强度。

未来发展

从2019年7月到2022年初，波音对Ma0.8的设计方案进行了一系列关键测试。首先是2019年在NASA艾姆斯研究中心进行了高速风洞抖振测试，随后在NASA兰利研究中心4.27×6.71米亚声速风洞中进行了低速测试，以研究增压装置并了解抖振特征。

了解抖振特征对于确保飞机具有足够的性能，以避免其达到气动升限来说非常重要。进入喷气式飞机时代后，高速抖振一直是飞机设计的关键因素，也是波音特别关注的焦点，因为其新的高速商用机型达到了从未探索过的跨声速飞行包线边缘。1956年，时任波音飞行测试主管阿尔文·特克

斯·约翰斯顿表示，在Dash 80/707发展型飞机的方向舵周围遇到了流动分离带来的抖振，这种分离非常猛烈，以至于使结构出现了损坏。

NASA兰利研究中心在2021年完成了第二轮高升力风洞测试，评估了增压装置在低速状态下考虑地面效应的性能，初步观察了结冰对薄机翼和前缘的气动影响。测试已经达到了设计的最大工作极限——平飞速度Ma0.85和设计俯冲速度Ma0.92，在这种情况下，飞机能够在进行俯冲时避免颤振、控制反转或抖振的情况。

顺利进行的风洞测试可能会为进一步的测试和开发全尺寸X验证机扫清障碍。虽然抖振试验和部分低速试验已经完成，波音和NASA仍然有很多需要完成的降低风险的任务清单。尽管2021年的高升力测试验证了整体设计是成功的，但研究人员希望通过此评估完成的相关高雷诺数风洞测试工作尚未进行。高升力系统设计和风洞工作是优先完成的工作，以验证TTBW在高雷诺数下的跨声速巡航性能。



研究人员检查机翼根部和翼柱周围的抖振。

未来，该项目需要完成的工作还有：进一步测试详细的气动弹性稳定性；开发完全集成的飞机结构设计；深入的飞机结构优化，以研究翼梁连接位置的位置变化等。除了研究设计的各种认证挑战（包括防撞性、结冰和迫降特性）之外，还需要在声学性能方面开展进一步的研发工作。

空客计划在美建立新的喷气式飞机装配线

本报讯（记者 钟涛）据美联社消息，5月9日，空中客车公司发言人称，该公司计划在美国阿拉巴马州莫比尔再建造一条新的A320总装线，并在2025年第二季度之前投入运营。

空客首席执行官Guillaume Faury称，基于市场对中、短程客机的旺盛需求，空客将在现有产量的基础上进一步提升A320系列飞机的产量和生产速度。即到2023年年中，将A320系列飞机的生产速度提高至65架/月；到2025年进一步提升到75架/月。为了实现这一目标，这家总部位于法国图卢兹的飞机研发、制造公司将在莫比尔建造第二条总装线。空客公司目前在莫比尔已拥有1条A320总装线，另有1条A220总装线。

空客表示，目前的计划是在2023年上半年开始新生产基地的建设工程，预计到2025年第二季度可以完工，并开始总装生产A320飞机。空客透露，新的生产基地面积将达到32516平方米，并将雇用约1000名员工。

2022年第一季度，空客交付了142架民航客机，高于去年同期的125架，收入同比增长15%。其财报显示，空客一季度营收达到120亿欧元，调整后息税前利润为12.6亿欧元。空客认为，这得益于随着航空公司从疫情最严重的时期中逐渐恢复，飞机交付量有所增加，并预测全年交付量大约720架。

据了解，空客A320系列飞机作为单通道窄体客机，与主要用于长途国际航班

的大型双通道宽体客机相比，具有更旺盛的生产需求。这一机型和波音737系列是同类型竞争产品。

咨询公司AeroDynamic Advisory的分析师理查德·阿布拉菲亚（Richard Aboulafia）认为，空客大幅提升产能的计划会给波音带来不小的压力。“单通道窄体客机的市场需求非常旺盛，其中，A321neo的表现尤为出色。”空客有望抢占7成的市场份额，只留下3成给波音。”

然而，尽管生产线的扩张看起来轰轰烈烈，但空客的新飞机A321XLR也不可避免地遇到了挫折：一方面，由于欧洲航空安全局（EASA）正在研究重大规则变更，使该机的适航认证遇到了挫折，这将迫使空客重新设计机腹整流罩。据路透

社此前的报道，重新设计机腹整流罩可能需时6个月至1年。空客也承认其最新机型A321XLR的投入运营，将由原计划的2021年下半年推迟到2024年初。另一方面，受俄乌局势影响，空客面临供应链中断的风险，因为空客的飞机零件使用了来自俄罗斯的钛材料。对此，空客表示，供应商向公司承诺可以继续生产零件。

对于全球航空业的复苏，空客显然充满信心。Guillaume Faury表示，尽管由于“复杂的地缘政治和经济环境”，空客面临的风险不断上升，但其仍坚信，今年能完成交付720架客机的目标，也能实现55亿欧元（58亿美元）的调整后息税前利润。

ATR宣布启动现有畅销机型的下一代机型研发项目



5月18日，ATR在法国图卢兹宣布将启动现有畅销机型的下一代机型项目：ATR“EVO”，计划于2030年前投入运营。

下一代ATR EVO将搭载先进设计功能和具备混合动力全新发动机。EVO将采用诸多创新科技，显著提升飞机性能、经济性和可持续性。EVO也将结合新的生态设计，装备全新螺旋桨，改进客舱和其他新系统，EVO仍将是可以使用100%可持续航空燃料（SAF）的双发涡轮螺旋桨飞机。

ATR首席执行官Stefano Bortoli表示，下一代的ATR飞机将通过渐进式创新，在航空可持续发展方向迈出的坚实步伐。投入市场后，全新ATR“EVO”将为航空的未来低碳发展铺平道路。主要优势包括：20%的整体油耗改进、兼容100%SAF。这意味着当EVO以航空煤油为动力时，二氧化碳排放量将比支线喷气机少50%以上。当使用100%SAF时，EVO的碳排放量将接近零。

ATR商业事务高级副总裁Fabrice Vautier介绍到，由于燃油消耗降低20%，总体维护成本降低20%，运营成本节约将达到两位数。ATR“EVO”的经济性更好，这意味着航空公司在稀薄航线上收益更多，偏远地区可以连接更多航点、开辟更多的基本服务航线，带动地区经济的更大发展。ATR的目标是继续为客户和社会提供更广泛而负责任的航空运输服务。

ATR工程高级副总裁Stéphane Viala表示，ATR已向主要发动机制造商发出能涵盖现有及未来科技的全新发动机研发的核心信息邀约（Request for Information）。ATR“EVO”的爬升时间将得到改进，客舱也将进行改进，将使用更多更轻的生物材料。飞机的可回收性也是全新设计的重点。

在未来数月，ATR将与航空公司、发动机制造商和系统供应商开展工作，目标是在2023年之前启动项目。（辛文）

IATA：航空业将在2023年完全复苏

据路透社5月9日报道，国际航空运输协会（IATA）总干事Willie Walsh近期表示，航空业客运量的恢复正在加速，照这个趋势继续下去，该行业现在可以在2023年恢复到疫情爆发前的水平，比之前的预测早一年。

世界各国政府继续放宽与COVID-19有关的限制，释放了过去两年各国关闭边境时积压的需求。

国际航空运输协会（IATA）总干事Willie Walsh告诉路透社，尽管有俄乌争端和主要航空市场的持续限制，但整体客流量的回升速度超过预期。

Willie Walsh说，总体而言，该行业现在正朝着在2023年恢复到疫情爆发前的客运量的方向发展。

但他提醒说，明年一些个别季节的客运量可能仍然低于疫情之前，而亚太地区由于主要航空市场持续的COVID-19限制而继续滞后。

欧盟委员会移动和运输总干事Henrik Hololei告诉路透社，如果反弹的步伐得以持续，欧洲的客流量可能在2023年恢复到疫情之前的水平。（肖兮）

亚航印度正在对Taxibot进行评估

本报讯（通讯员 许伟）亚航印度公司的一位高层管理人员于日前表示，其公司正在评估在两架改装飞机上使用Taxibot（混动式飞机牵引车）能够节省多少燃料，然后再考虑是否在整个机队中使用它。

在对其两架空客A320飞机

进行改装后，亚航印度公司于去年11月23日开始在德里国际机场使用Taxibot牵引飞机。

Taxibot是一种半机械化的无拖曳杆飞机移动设备，可将飞机从航站楼拖到起飞点，并在降落后将其送回其停机位。Taxibot运行时，飞机的发动机可以保持关闭。



← C3 03 →