

# 更轻、更顺、更智能——柔性机翼助力高效飞行

郭文涛

当前的飞机机翼材料大多选用铝合金、碳纤维等轻质金属材料。这种刚性结构的飞机机翼，只有襟翼、缝翼等少量部位可以在有限范围内移动，对于不同飞行状态的适应性较弱。为突破刚性机翼的性能限制，自20世纪80年代开始，航空业就开始了对于柔性机翼的探索，从“结构简易变化”到“形状简易调整”，再到目前的“形状主动调整”，柔性机翼的设计、开发、实验从未停止。尽管柔性机翼距离大规模应用还有很长的路要走，革命性的机翼创新技术也尚未出现，但世界各国在这一领域的开发，仍给航空业带来许多令人欣喜的变化。

## DLR、TUM 和 TU Delft 的“颤振翼”

一般而言，燃油费占到飞行总成本的1/4以上，降低油耗是降低飞行成本的重要途径。在飞机上安装更轻、更薄、阻力更小的机翼有助于降低航空油耗。

德国航空航天中心（DLR）、慕尼黑工业大学（TUM）和代尔夫特理工大学等单位共同研制了一种颤振翼，这种机翼使用的主要材料是弹性优化碳纤维。研究人员对碳纤维材料按特殊的方式进行排列，以实现最优化的弯曲和变形方式。DLR气动弹性研究所的沃尔夫·赖纳·克鲁格说：“这种机翼如果遇到风阻，会发生扭曲、变形，从而避免风压、降低油耗。”

为了验证颤振翼的实际性能，研究人员开发了一个演示机。该飞机长3.5米，拥有长达7米的大翼展，安装了完善的传感器系统，以使演示机能够按设计路线飞行（飞行实验必须在大约1千米的狭窄半径内进行）。实验前，DLR专家制定了飞行手册和检查清单。

2019年11月，演示机进行了第一次飞机实验，实验结果与研究人员的预判基本一致。

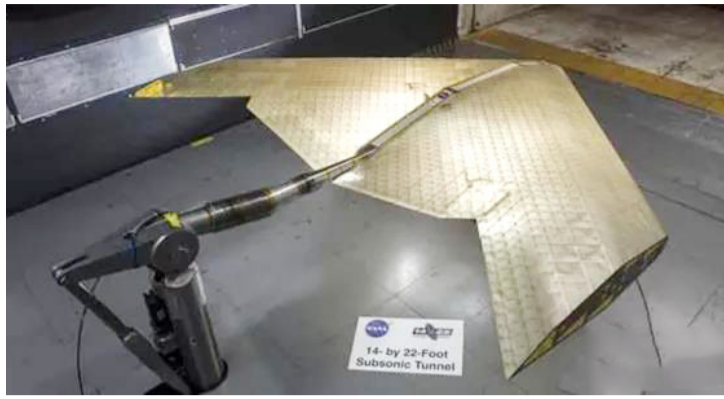
颤振翼项目是欧洲FLEXOP项目的一部分。FLEXOP项目旨在提升欧洲多学科飞机设计能力，提高航空市场竞争力，特别关注飞机综合开发和运营成本等内容。

FLEXOP项目的合作伙伴来自欧洲各国实力强大的航空航天产业机构：空客集团、德国航空航天中心、慕尼黑理工大学、匈牙利科学院、飞机零部件制造商FACC、综合航空航天科学公司（INASCO）、Delft技术大学、布里斯托尔大学等。

## NASA 和 MIT 的“点阵晶格变形机翼”

2019年3月的《智能材料与结构》杂志刊发了一篇文章，专门介绍了一种新式“点阵晶格变形机翼”的开发和实验情况。点阵晶格变形机翼呈网格状，由多达几百个形状相同的点阵晶格联接而成，形成一个开放的、轻量化的点阵晶格框架结构。机翼表层覆盖的超薄聚合物材料，承担着机翼骨架的作用。机翼的组成主体——小晶格是一种空心立方体，立方体的各条边棱是由聚乙烯树脂材料制作的火柴大小的小细条。这种微小晶格的密度极低，每立方米重量仅为5.6千克，与橡胶1500千克/立方米的密度相比，减重效果极为明显。刚柔并济的材料特性和零件结构的合理空隙，使这种机翼“柔韧如橡胶、轻盈如气凝胶”。

这种机翼的变形能力极强，设计人员称“它几乎可以变成所需要的任何形状”。在飞机起飞、平飞、转向、



着落的各个阶段，机翼能够根据飞行要求及时、便捷地调整形态，实现更高的飞行效率。尼古拉斯·克莱默说：“在不同的飞行状态下，我们会调整机翼的形态，使之与飞机载荷实现最佳匹配。”

研究人员称，这种机翼在NASA位于弗吉尼亚州的兰利研究中心进行了风洞实验，结果比预想令人满意。风洞实验所使用的机翼约有16英尺高（约4.88米），单座飞机的机翼大小相似，是由麻省理工学院的研究生手工组装的。

研究人员正在着手将机翼制造实现机械化生产。他们设计了聚乙烯树脂注射成型的三维模具，在17秒内就可以生产出点阵晶格，生产效率非常高。目前，机翼生产线已经完成测试。

这种机翼设计简洁，生产效率高，可以降低飞行成本。更具有意义的是，这种点阵晶格工艺，还可以用来制造其他大型结构部件，如风力涡轮机叶片，甚至可以用来建造桥梁。

除NASA和MIT外，这个项目的小组成员还来自以下世界知名学府：



康奈尔大学、加州大学圣克鲁斯分校、立陶宛考纳斯技术大学等。

## TUM 和 DLR 的“柔性机翼蒙皮”

飞机在飞行行程中往往伴随巨大的噪声，这种噪声会带来一定的乘坐不适感。这些噪声一部分产生于飞机机翼。当飞机上的高升力装置和控制表面与机翼相遇时，这些翼型和周围的空气就会突然过渡到机翼的固定部分，从而产生噪声。机翼和移动表面之间的弹性表面能降低这一区域的噪声吗？德国航空航天中心和慕尼黑大学正在共同开展一个名为“FlexMat”的项目，该项目于2020年6月取得阶段性进展。

在这项研究中，工程师们开发了一种新型机翼，在机翼的固定翼和移动部件之间加装了一层柔性蒙皮，这种柔性蒙皮由橡胶和玻璃纤维增强复合材料制成，具有很强的柔韧性，被研究人员称为“人造皮肤”。

这种柔性蒙皮长约1米，以橡胶材料为主体，将固定翼和机翼的移动

部分联接起来。另外，将强度较高的玻璃纤维条插入到橡胶内，玻璃纤维条之间保留一定的空间。这种蒙皮巧妙地将橡胶的柔韧性和玻璃纤维的刚性结合在一起，既满足了机翼零部件对于移动的要求，又使机翼保持了总体形状的总体特征，降噪效果非常明显。不仅如此，新型蒙皮的设计，在一定程度上降低了空气阻力，使飞机的飞行效率进一步提高，能耗指标有所降低。

DLR复合结构和自适应系统研究所的工作人员马丁·拉德斯托克表示，目前，柔性蒙皮已经通过演示机的实验测试。实验结果表明，蒙皮的耐磨性能优异，可以在很大程度上实现飞机机翼的有效变形。现在需要注意的问题是，一旦发生极端变形的情况，如何确保蒙皮表面涂层不会开裂。

DLR的实验仍在继续，下一步实验需要测试的内容是，确定使用柔性蒙皮以后，降噪、降阻的具体情况，以及蒙皮所能承受的最大负载值。

## 水上迫降如何操作？

何谓水上迫降呢？顾名思义就是飞机在水面上进行强迫降落。根据迫降过程中受力形式的不同，我们将整个迫降过程分为三个阶段：“着水”瞬间，此阶段飞机承受较大的过载；“滑行”阶段，在滑行过程中飞机极易发生翻覆甚至解体；“飘浮”阶段，乘客在低温、脱水的情况下等待救援。

那么，在什么情况下飞机需要水上迫降？水上迫降往往发生在跨越大片水域飞行途中发生了灾难性故障，因为距离机场较远，只能迫降在水面上，其危险性远远高于陆地迫降。

为什么水上迫降反而是最危险的？中国有句古语叫“柔情似水”，水应该比较温和，按理说迫降在水面上的生还率应该比地面高才对，但事实上这个理念是错误的。首先，对于飞

行员来说，水上迫降比陆地迫降的难度要大很多。水面不像陆地那样平静，它有起伏和水流，这些都是飞行员不可预测的，从而也就无法准确的调整飞行角度。一旦飞机的机头或机翼先碰到水面，飞机随时可能整个倾翻；同时，当飞机扎进水面时，巨大的阻力会让它立即停下来。这股力量足以撕裂整架飞机，压碎里面所有的物体，也包括乘客。所以飞机必须要保证以绝对完美的角度滑进水中才有可能争取到短暂的漂浮时间。其次，就是刚刚提到的短暂的漂浮时间。除水上飞机外，一般的飞机都不适合在水面漂浮，所以就算是水上迫降成功，飞机也会随时间推移而下沉。这就意味着，乘客和机组人员必须抓紧时间穿好救生衣准备逃生。

为了确保水上迫降成功，飞机设计必须满足以下三个指标：确保结构的完整性，以保护乘员；确保在迫降过程中，乘客不会承受过大的冲击过载；提供足够的漂浮时间供乘员从迫降后受损的座舱逃离。

为了满足以上设计指标，必须开展水上迫降动力学仿真分析，目前国外对水上迫降的大量仿真分析发现，底部吸力是飞机水上迫降的重要影响因素，但目前还没有看到进一步的相关研究成果。

航空工业一飞院强度团队构建了大型运输机机身底部吸力模型，提出了基于工程修正的水上迫降动力学分析技术，并成功应用于某大型飞机的水上迫降动力学分析，提高了分析精度，达到国内领先水平。同时为了更

加精确的模拟飞机入水时的角度和速度，首创了一套系统的飞机水上迫降最佳姿态角的确定方法，为飞机水上迫降最佳入水姿态的确定和水上迫降应急程序的制定提供了支持。经过多年的不懈努力，强度团队建立了一套涵盖水上迫降动力学分析、模型试验以及适航符合性验证的系统的大型飞机水上迫降设计流程，并成功应用于某大型飞机水上迫降性能分析与验证，填补了国内空白。

此流程提高了我国大型飞机水上迫降设计水平，缩短了与航空发达国家之间的技术差距，巩固了一飞院在飞机水上迫降设计专业的领先地位，有着重要的社会和军事意义。（肖乾 白俊丽）

## 广东将新建48个通用机场

近日，《广东省通用机场布局规划》出台，按规划，广东将在现有9个通用机场的情况下新建48个通用机场。

《规划》提出，到2025年，广东省通用机场体系基本形成，通用机场布点达到32个，机场密度达到每万平方千米1.8个。到2035年，全省通用机场体系进一步完善，通用机场布点达到57个，机场密度达到每万平方千米3.2个，通用机场服务覆盖所有县级行政单元，机场密度和通用航空运营服务能力接近发达国家（地区）水平。

根据通航发展需求，通用机场建设将按照布局方案有序推进。2025年前，新增23个通用机场布点，包括新增广州南沙、东莞、肇

庆高要、肇庆怀集、惠州惠东等23个通用机场布点。2026~2035年，新增25个通用机场布点，包括广州黄埔、广州从化、东莞水乡、佛山、肇庆德庆、肇庆四会、惠州博罗、惠州龙门等25个通用机场布点。

目前，广东省通用机场建设已初具规模。截至2019年底，全省共有广州番禺、深圳南头、珠海九州、湛江坡头、湛江新塘、中山三洲、阳江合山等9个颁证通用机场，以及广东省公安厅警务飞行保障基地、广东省海事局高栏海事基地、广东省人民医院、顺德北滘美的集团、番禺华教通用航空等多个直升机场起降点和番禺葱桥岛、湛江徐闻港等水上机场。（戴广军 叶群）

## 德事隆航空公司交付首架“空中中国王”360涡桨飞机

德事隆航空公司日前宣布，向Stamoules Produce公司交付了首架配装先进涡轮增压发动机的“空中中国王”360涡桨飞机。“空中中国王”系列涡桨飞机已在全球交付使用50多年，“空中中国王”360在发动机、驾驶舱、机舱等方面进行了多项优化改进，显著增强了多功能性、可靠性和舒适度。（石峰）



## 亿航智能“空中的士”在韩国首飞

11月11日，智能飞行器企业亿航智能宣布开启韩国飞行演示之旅，并在首尔市完成双座版载人级自动驾驶飞行器亿航216在韩国的首次飞行演示。此次飞行获得了韩国土地、基础设施与交通部（MOLIT）颁发的首张针对载人级自动驾驶飞行器的特许适航证（SAC）。

上午10时，在韩国国土交通部与首尔市共同举办的空中的士飞行演示活动现场，亿航双座版自动驾驶飞行器216在50米的上空绕汝矣岛、汉江公园、西江大桥、栗岛、麻浦大桥一带飞行约7分钟，共计3.6千米。这也是韩国首次有载人级自动驾驶“空中的士”在人口稠密的城市内飞行。

韩国国土交通部长官金贤美表示：“城市空中交通（UAM）作为解决地面交通限

制问题的新一代解决方案备受关注，为了2025年实现城市空中交通（UAM）商用化，韩国将把发展蓝图提及的计划项目通过产学合作的方式顺利执行。”

2020年6月，韩国土地、基础设施与交通部（MOLIT）发布了城市空中交通规划方案，计划自2022年开始完善相关法律法规，开辟飞行航线，并于2025年前在首尔市建设起降站点，率先开启UAM商业化运营服务。

亿航智能创始人、董事长兼首席执行官胡华智表示，“韩国和首尔市政府在城市空中交通的规划和实践一直走在亚洲前列。这次获得韩国局方颁发的特许适航证，对我们双方来说都是迈出的一大步，也是我们继取得中国民航局、美国联邦航空管理局、挪威

民航局、加拿大交通部相关飞行许可后，实现的又一大监管突破。接下来，亿航智能将继续推进空中交通的运行。”（林嘉鸿）



## Volansi公司开发和生产多型自主货运无人机

11月16日，Volansi公司宣布在美国俄勒冈州本德地区开设新的无人机工厂。该公司利用垂直起降（VTOL）中程无人机技术为医疗、石油天然气、采矿和国防工业的企业客户提供货物运输服务，业务分布在美国、非洲和加勒比海地区。

Volansi公司运营自己研发和生产的无人机，包括首批产品VOLY C10和VOLY M20自主无人机。VOLY C10是该公司主力机型，可在50英里（约80千米）内运载10磅（约4.5千克）的货物，这种混合动力垂直起降固定翼飞

行系统是目前为数不多的、能够运输易碎且温度严格受控的疫苗货运无人机。

M20承担两种任务，既可携带10磅（4.5千克）的传感器有效载荷，也可运载20磅（9千克）的货物。该机航程350英里（560千米），巡航速度75英里/时（120千米/时），其机载传感器工作时间超过8个小时。

Volansi公司在B轮融资中筹集了5000万美元，主要用于扩展团队和设施以及开发新的无人机项目。（何鸱）



## NASA持续推进X-59制造工作

美国航空航天局（NASA）在制造X-59静音超声速技术验证机（QueSST）方面继续取得进展，同时克服了新冠疫情带来的影响。NASA计划2024年开展该机在特定社区上空的飞行，以收集公众对X-59产生的安静噪声的感知信息。

当前，X-59飞机正在洛马公司位于加州帕姆戴尔的臭鼬工厂进行组装，后期的主要节点包括机翼制造及与机身连接。NASA计划2024年夏季完成X-59所有制造工作，并开始进行地面试验，最终目标是2022年夏季首飞。（吴蔚）

