

2022高超声速技术进展

Progress of Hypersonic Technology in 2022

■ 李茜/中国航发涡轮院

2022年，世界各国都加大了高超声速技术的研究投入。美国持续推进高超声速技术顶层规划与牵引，着力发展高超声速攻防两端能力，成功试飞多个型号的高超声速导弹，高超声速飞机的研究顺利推进；俄罗斯首次将高超声速导弹用于实战；英国、澳大利亚和日本等多个国家也在积极开展高超声速技术研究。

高 超声速技术是指飞行马赫数 (Ma) 大于5、以吸气式发动机或其组合发动机为主要动力、能在大气层和跨大气层中远程飞行的飞行器所涉及的技术，其应用形式包括高超声速导弹、高超声速有人/无人飞机和空间运载器等多种飞行器。在商业领域，相同的运输距离，高超声速飞机使得旅行所需的时间大大缩短；在军事领域，高超声速武器的作战效能与攻击能力大大提升。高超声速技术自问世以来，因其在军民领域同时蕴含巨大的价值，一直备受世界各国重视。随着国际竞争形势的日趋激烈，以及存在爆发更大冲突的潜在可能，世界各国在2022年都加大了高超声速技术的研究，并取得了进展。

美国力争重回优势地位

美国国防部自认为在高超声速领域，尤其是军事应用上，已不处于领先地位，自2022年伊始便在顶层规划上强调了高超声速技术对保持军事优势的重要性，并加大了对高超声速飞机、导弹和试验平台发展的引导和支持力度。

顶层规划

2022年2月，美国国防部与多家美国军工企业开展线上对话，探讨如



波音公司新型“女武神”高超声速飞机模型

何加速发展高超声速作战概念。会上，美国国防部一方面强调将与行业持续交流，以满足美国国防部对进攻性和防御性高超声速武器的需求；另一方面还强调有必要扩大获取建模能力和试验设施的途径，采用“经常试验、快速失败和学习经验”的方法，加快高超声速系统和高超声速防御系统的部署。

2022年7月，美国国防部高超声速领域负责人迈克·怀特 (Mike White) 在高超声速论坛透露，国防

部已在制定名为“国家高超声速倡议2.0” (NHI2.0) 的顶层战略，旨在创建一个更强大的能力通道和采办生态环境，以负担得起、负责任和稳健的方式大幅加快美国高超声速技术发展，获得破坏性和先进的作战能力。NHI2.0是美国最新的国家级战略规划，系统性布局了高超声速能力与支撑领域的发展方向，以谋求军事能力的长久优势。

高超声速飞机研究

继2018年首次公布高超声速飞

机方案之后，波音公司在2022年1月的美国航空航天学会上展示了新型“女武神”高超声速无人机设计效果图。与2018年展示的模式相比，新版本显示出更多的“乘波体”外形，中央机体更为平坦，机翼和双尾翼更短，两台发动机被安置在两个不同的整流罩中，进气口呈圆形且分开。两个方案的共同点是都选择了涡轮基组合循环（TBCC）发动机为动力。为了应对高超声速时遇到的高温，波音公司可能采用了“热结构”设计，即结构材料本身可以抵抗高温，这样也更适合维护。此外，新型“女武神”高超声速无人机的扁平状机头有助于提高飞机的隐身性。

同时，赫尔墨斯公司的高超声速飞机研究开展顺利。2022年6月，赫尔墨斯公司宣布已完成“夸特马”（Quarterhorse）高超声速飞机发动机“奇美拉”（Chimera）的地面试验。2022年12月，赫尔墨斯公司宣布选定了普惠公司的F100-229涡扇发动机作为“奇美拉”II组合循环发动机的涡轮基，此举可节省数十亿美元



“观星者”高超声速飞机概念图

的研发成本，并缩短数年研制周期。

2022年6月，美国维纳斯航空航天公司披露了“观星者”高超声速飞机概念，这是一种速度达Ma9的高超声速飞机，从美国飞往日本只需1h。“观星者”高超声速飞机采用新颖的外观设计、下一代发动机技术以及先进的冷却装置。该公司现已生产了一个发动机原型，并利用高超声速风洞和推进试验设施进

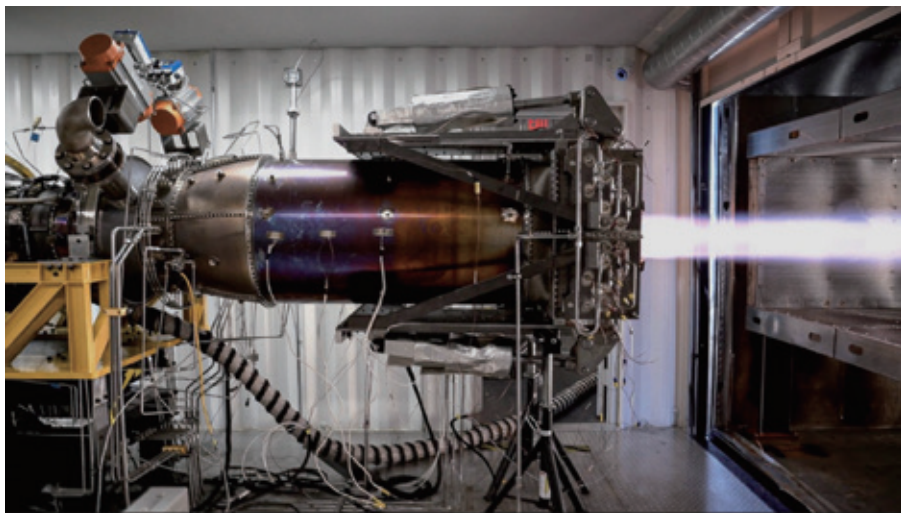
行了多次地面试验，在休斯敦太空港也开展了一次地面试验。按照计划，将在2023年启动亚声速和超声速缩比无人飞行器的飞行试验。

高超声速导弹研究

2022年，美国国防部牵头，国防预先研究计划局（DARPA）、空军研究实验室（AFRL）、美国海军等启动了多项新的高超声速导弹项目（详见表1），并在多个高超声速导弹飞行试验项目中取得成功。

飞行试验平台建设

2022年9月，美国国防创新小组（DIU）发布“高超声速和高节奏机载试验能力”（HyCAT）项目通知，谋求依托商用高超声速飞行器技术，开发一型新的高超声速飞行试验平台。HyCAT平台要求具备以下部分或全部功能：能够对高超声速系统及其组件（包括推进系统、热防护系统和材料）进行响应性和长寿命试验；检测和跟踪传感器；通信系统和组件；环境传感器；制导、导航和控制系统及部件；其他高超声速飞行器部件；操作环境中的集成



赫尔墨斯公司完成高超声速飞机发动机地面试验

表1 2022年高超声速导弹研究进展

项目类别	项目名称	项目进展
高超声速助推滑翔导弹	战术助推滑翔 (TBG)	2022年3月, DARPA试飞了战术助推滑翔 (TBG) 原型弹, 为美国空军的空射快速响应武器 (ARRW) 项目的研发降低了风险, 这两个项目共享了楔形的高升阻比布局
	作战火力 (Opfires)	2022年7月, DARPA在新墨西哥州的白沙导弹靶场成功进行了首次飞行试验, 实现了所有的测试目标
	空射快速响应武器 (ARRW)	2022年12月, 美国空军首次成功对ARRW项目原型机进行飞行试验, 这次试验的成功标志着历经三次助推飞行试验失败后取得里程碑式进展
高超声速巡航导弹	吸气式高超声速武器概念 (HAWC)	HAWC项目由洛马公司和雷神公司分别负责一个方案: 2022年3月, 洛马公司成功验证了洛马公司的HAWC原型设计; 2022年7月, 雷神公司的HAWC方案的第二次试验取得成功, 样机加速到Ma5以上
	MoHAWC项目	2022年4月, 基于HAWC项目, DARPA发布启动接续的MoHAWC项目, 旨在开发、集成和验证高超声速技术, 以增加空射高超声速巡航导弹的有效性和可生产性
	进攻性高超声速空对面作战 (HALO)	2022年4月, 美国海军表示计划在2023年启动进攻性高超声速空对面作战项目, 并计划在2028年具备初始作战能力
	消耗性吸气式高超声速多任务飞行器 (MAYHEM)	2022年12月, 美国国防部宣布授予莱多斯公司价值约3.34亿美元的MAYHEM项目合同, 开发一种更有效的吸气式高超声速系统
高超声速远程攻击导弹	“弃兵” (Gambit)	2022年7月, DARPA发布了一份“弃兵”新型导弹计划通知, 要求开发和演示一种新型的旋转爆震发动机推进系统, 该系统能够在反介入/区域拒止 (A2AD) 环境中实现大规模生产、低成本、高超声速、远程武器的空对地打击

的、具有代表性的高超声速试验飞行器。

2022年10月, 美国国防部表示, 由莱多斯公司控股的动力系统公司 (Dynetics) 赢得了“多军种先进能力高超声速试验台” (MACH-TB) 项目的合同。动力系统公司将

领导20多个业界合作伙伴共同推进MACH-TB项目, 目标是大幅增加高超飞行试验频率, 测试包含助推滑翔飞行器和吸气式巡航导弹在内的高超声速技术。

2022年10月, 美国平流层发射系统公司宣布, 已成功完成高超

声速飞行器“鹰爪”-A (Talon-A) 的分离试验机 (TA-0) 首次系留飞行。该公司还在开展高超声速飞行试验机TA-1的系统测试以及第一架和第二架完全可重复使用的高超声速飞行器TA-2和TA-3的制造, 并计划在2023年开始提供高超声速飞行服务。

俄罗斯高超声速导弹实现重大突破

2022年3月18日, 俄罗斯声称在乌克兰开展的特别军事行动中首次使用“匕首”高超声速导弹, 摧毁了乌克兰一处大型地下导弹和航空弹药仓库, 这是高超声速武器首次用于实战。“匕首”高超声速导弹射程超过2000km, 速度为Ma12, 可在飞行的每个阶段进行规避机动。俄罗斯国防部表示, 在乌克兰作战的“匕首”高超声速导弹系统已经证明了对乌克兰的防空系统的高效率和无懈可击。2022年12月, 俄罗斯国防部长宣布首次向俄罗斯海军交付“锆石”高超声速导弹。“锆石”是一种舰载高超声速巡航导弹, 能够以Ma6 ~ 8的速度飞行, 采用两级推进设计, 第一级为固体火箭发动机助推器, 第二级为使用液体燃料的超燃冲压发动机。

英国继续推进强预冷技术研究

2022年7月, 英国反应发动机公司 (REL) 宣布开始进行一项新的测试活动, 旨在扩展高超声速使能技术的性能范围。测试活动将在早前反应预冷器测试成功的基础上, 通过显著增加输送的空气流量和其他测试参数, 使通过发动机换热器的总



英国“5号方案”高超声速飞机技术验证机模型

能量传递增加3倍，并评估热管理技术与最先进的喷气式发动机的集成情况。2022年12月，反应发动机美国公司宣布在科罗拉多州的高温试验设施完成预冷换热器的国外对比试验活动，该试验项目极大地扩展了发动机预冷器技术的演示能力，在最近的测试中，预冷器成功实现了从高温气流中转换10MW以上热能的目标，比之前的测试计划高出3倍。

2022年7月，英国皇家空军快速能力办公室、国防部国防科学与技术实验室、罗罗公司和REL在范堡罗航展上联合公开展出了一个名为“5号方案”（Concept V）的军用高超声速飞机模型及其概念方案，引发各界高度关注。该方案最大关注点在于一种综合集成了罗罗公司涡轮发动机技术和REL先进预冷却器技术的高速动力。“5号方案”高超飞机验证机关键指标包括： $Ma5$ 的最大速度；单台的“预冷却器+涡轮发动机+加力/亚燃冲压燃烧室”的动力系统；水平起降、重复使用。该项目正在开展全尺寸发动试验样

机的冷态通流试验，并同步开展技术验证机的方案设计，计划在2023年完成发动机热试车。

澳大利亚加大高超声速技术研究投入

2022年，除了持续与美国开展高超声速技术合作，澳大利亚还开设了高超声速研究中心，致力于推动高超声速技术研究。

2022年1月，澳大利亚Hypersonix发射系统公司与美国克雷托斯（Kratos）防务安全解决方案公司签署协议，将联合研制DART AE多任务高超声速无人机技术验证机，计划于2023年进行无人高超系统发射和初始验证试飞。DART AE将配置SPARTAN超燃冲压发动机，航程可达500km，设计飞行速度为 $Ma5 \sim 12$ 。该机将增材制造技术，并广泛采用耐高温材料，以应对高超声速飞行中出现的高温环境。

2022年1月，澳大利亚政府宣布开设高超声速研究中心，耗资1400万美元。该研究中心为澳大利亚国防部、工业界、大学和国际合

作伙伴提供了一个进行高超声速技术测试的场所。

其他国家积极跟进

2022年2月，瑞士Destinus公司获得2900万美元融资，计划在3~4年时间内推出一种高超声速货运无人机，可在2h内将几十吨有效载荷送到世界各地。该公司正在进行高超声速无人运输机原型机的开发，包括主要子系统与部件，如发动机、机体以及主动冷却系统。

日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）与日本先进科学研究中心（ASRC）联合开发配有双模态超燃冲压发动机的高超声速反舰巡航导弹。2022年7月，JAXA在种子岛航天中心成功试飞以超燃冲压发动机为动力的高超声速导弹。探空火箭搭载超燃冲压发动机到达160km的高度后，超燃冲压发动机与火箭助推器分离，当飞行速度达到 $Ma5.5$ 时，超燃冲压发动机点火。测试团队从中获取气动加热和超声速燃烧数据，并将该数据与地面风洞测试数据进行比较。

结束语

2022年，美国和俄罗斯等大国深刻认识到高超声速技术对改变战场环境的规则的巨大作用，以尽快形成作战能力为目标，不断加大高超声速技术武器化成果转化的技术和资金投入力度。从美国顶层规划的高度重视、俄罗斯的实战应用积累经验和其他各国不断增加的筹码可以预见，未来几年高超声速领域的竞争必将更加激烈，成果或将呈井喷式爆发。 **航空动力**

（李茜，中国航发涡轮院，高级工程师，主要从事航空发动机科技情报研究）