

# 平流层发射公司空射高超声速飞行器技术发展分析

## Development Analysis of Air-launched Hypersonic Vehicle Technology of Stratolaunch Corporation

■ 李敏 / 中国航空发动机集团有限公司 韩玉琪 / 中国航空发动机研究院

2024年3月9日，平流层发射（Stratolaunch）公司成功完成了第一架Talon-A试验飞行器（TA-1）的首次动力飞行，TA-1由该公司的Roc运载飞机携带升空并完成了分离释放、发动机点火、加速、持续爬升及受控水面着陆，标志着该公司实现了支持常规和可重复使用高超声速测试能力目标的关键一步。

面对美国国家航空航天局（NASA）航天飞机计划和太空探索计划的停止，微软公司联合创始人保罗·艾伦预判私人航空时代已经来临，于2011年12月13日投资创建了平流层发射公司，以开发经济灵活的太空业务。为此，公司设计了巨大的运载飞机，以携带火箭和卫星达到平流层并从那里发射到近地轨道，从而降低发射成本。2017年5月31日，运载飞机正式出厂，并命名为“Roc”（中东神话中的一种巨鸟）。2018年10月，保罗·艾伦的去世令平流层发射公司的发展陷入困境。2019年12月，平流层发射公司被美国博龙资本管理有限公司收购，公司重新走上正轨，业务方向也转为空射高超声速飞行器。平流层发射公司在与美国军方的密切合作下，通过近年来的飞行试验活动，稳步实现了空射高超声速飞行器的各阶段里程碑。

### 平流层发射公司技术研发历程

#### Roc飞机

Roc飞机可用作多种空天飞行器



Roc飞机空射高超声速飞行器示意图

的载机发射平台，提高能源效率并降低发射成本，作为火箭发射平台使用，可将6.1t的卫星送至近地轨道，或能将2t的卫星送至地球同步轨道，也可挂载发射小型航天飞机或大气层内的飞行器。

Roc飞机采用双机身、上单翼设计，翼展117m，两侧机体各长73m，是世界上翼展最大的飞机，每侧有12个主起落架和2个前起落架，合计28个。Roc飞机的许多零部件都来自拆解的2架波音747-400飞机，配备了6台普惠公司的PW4056大涵道

比涡扇发动机，单台推力252.3kN，飞机自重约226.8t，有效载荷249.5t，可携带燃油113.4t，最大起飞质量589.7t。飞机的驾驶舱位于右侧机身内，飞行员、副驾驶和飞行工程师都在其中，而未加压的左侧机体内，除了装有飞行数据系统外，基本上处于空置状态。

挂架位于机翼下方和双机身之间，由铝和碳纤维表皮制成，配备有一个绞盘系统，可将约3629kg的高超声速无人飞行器Talon-A吊装到位，同时占据了Roc飞机中心翼展



Roc飞机及Talon-A高超声速无人飞行器

的4.3m，可加快发射准备速度，减少对地面支持的需求。

### Talon-A 高超声速无人飞行器

Talon-A是一种无人驾驶高超声速飞行器，可携带定制的模块化有效载荷，能够实现对高超声速飞行环境的日常探索，对科学研究、技术开发和部件验证至关重要。除了用来模拟高超声速导弹威胁的目标外，Talon-A还具有测试材料学和空气动力学的潜力，以及在未来高超声速飞行器上开发集成传感器和其他有效载荷的潜力。

Talon-A飞行器长8.5m，翼展超过3.4m，拥有14排襟翼以及4个升降舵，由“大熊座”(Ursa Major)公司的1台推力为22.24kN的哈德利(Hadley)液氧煤油火箭发动机提供动力，可以高超声速飞行几分钟。Talon-A的设计灵感来自美国空军20世纪60年代的X-15火箭飞机飞行测试计划，外形类似于NASA航天飞机的小型化版本，具有短机翼和一个较短的尾翼稳定器，旨在使高超声速飞行测试更加可靠和常规。

TA-0为分离试验型飞行器，未安装动力系统。首架Talon-A飞行器命名为TA-1，为消耗品，而后续的

TA-2和TA-3飞行器将完全可重复使用。

### 飞行测试活动

自2019年4月以来，平流层发射公司共开展了14次飞行测试活动，历次试飞时间及主要试验内容如表1所示。从表中可以看出，试飞活动主要分为3个阶段：第一阶段(2019年4月—2022年6月)，主要是评估Roc飞机自身在完整任务包线内的飞行性能和操纵特性，并测试挂架对飞机性能的影响；第二阶段(2022年7月—2023年5月)，挂载TA-0飞行器试飞，测试TA-0飞行器与Roc飞机的适配性及分离释放功能，并验证遥测数据通信功能；第三阶段(2023年6月至今)，挂载TA-1飞行器试飞，测试所挂载的高超声速飞行器在完整任务包线内的功能，并在第14次飞行活动中首次实现动力飞行。

TA-1飞行器的成功动力飞行，为平流层发射公司首个可重复使用的高超声速飞行器TA-2的飞行测试奠定了坚实基础，该公司计划2024年早些时候试飞TA-2，TA-2将在加利福尼亚州南部的范登堡空军基地

尝试自动着陆和回收。

### 平流层发射公司与美国军方的合作情况

#### 与美国空军的合作

2022年11月14日，平流层发射公司获得美国空军研究实验室(AFRL)的合同，以支持该公司的TA-1进行高超声速飞行测试，在TA-1中纳入有效载荷试验；2023年9月，平流层发射公司通过加利福尼亚州爱德华兹空军基地的美国空军测试中心获得了一份价值1220万美元的合同，以支持TA-2开展试验；2023年10月，AFRL再次授予平流层发射公司合同，用以支持TA-3的首次飞行测试。

#### 与美国海军的合作

TA-2是多军种先进能力高超声速试验台(MACH-TB)项目下多项测试中的第一项，这是一个由美国海军资助的模块化试验滑翔体项目，由位于印第安那州的美国海军空战中心管理。MACH-TB项目由Dynamics公司牵头，该公司为“黑鹰”导弹制造通用高超声速滑翔体，支撑陆军的远程高超声速武器和海军的常规快速打击计划。

表1 平流层发射公司历次试飞时间及主要试验内容

序号	试飞时间	主要试验内容
1	2019年4月13日	Roc飞机首飞测试
2	2021年4月29日	评估Roc飞机的性能和操纵特性
3	2022年1月16日	评估Roc飞机的性能和操纵特性，扩展飞行包线，验证左中主起落架操作，包括门操作，以及左中主起落架的备用起落架延伸
4	2022年2月24日	评估Roc飞机的性能和操控特性，验证完整的起落架操作，包括舱门功能和备用起落架
5	2022年5月4日	验证Roc飞机起落架等装置，并首次安装挂架飞行
6	2022年6月9日	安装新挂架，扩展Roc飞行包线
7	2022年6月16日	验证新挂架，继续扩展Roc飞行包线
8	2022年10月28日	首次挂载高超声速无人飞行器原型机TA-0开展载运飞行，完成TA-0与Roc飞机适配状态下的气动载荷测试
9	2023年1月13日	TA-0的第二次载运飞行，对分离环境进行评估
10	2023年4月1日	TA-0的第三次载运飞行，练习包括发射顺序在内的各种分离剖面，来降低未来分离释放TA-0的风险，并确认Roc飞机、Talon-A飞行器和范登堡空军基地通信设备之间的遥测，确保在未来的飞行测试中进行备份遥测数据收集
11	2023年5月13日	TA-0的首次分离释放测试，TA-0执行滑翔飞行并坠入海中，并确认遥测数据传输
12	2023年11月21日	TA-1的首次载运飞行，评估Talon-A在不同飞行模式和不同温度下的推进系统，发动机实际上未启动
13	2024年2月24日	TA-1的第二次载运飞行，虽然TA-1未与载机分离，但全程携带推进燃料；对Talon-A的推进系统和飞行环境进行数据收集和评估
14	2024年3月9日	TA-1的首次动力飞行，TA-1携带了几枚试验有效载荷，完成了分离释放、发动机点火、加速、持续爬升及受控水面着陆，TA-1实现了200s的动力飞行并加速接近马赫数(Ma)5

### 与美国导弹防御局(MDA)的合作

导弹防御局(MDA)也与平流层发射公司签署了一份合同，平流层发射公司将为MDA提供一个复制威胁的目标，使他们能够了解如何攻击和拦截高超声速导弹。

### 与美国国防部测试资源管理中心的合作

TA-1还将用于验证名为“SkyRange”的新型靶场机载测试仪器系统。该

系统包括由美国国防部测试资源管理中心(TRMC)从美国空军处采购的经过特别改装的RQ-4“全球鹰”和MQ-9“死神”无人机，诺斯罗普-格鲁门(诺格)公司将“全球鹰”无人机改造为先进的“航程鹰”(Range Eagle)用于高超声速试验监控，将精密遥测传感器安装在该无人机上以有效收集高超声速武器发射时的数据，并将于2025年年初交付给TRMC。

## 平流层发射公司技术经验分析

一是Roc飞机作为载机发射平台，和地面发射高超声速飞行器相比，空中发射避开了地表浓密的大气层，不需要复杂的发射场地设备，不受地理位置、天气、空中管制与海洋活动的影响，显著降低了发射风险和成本。

二是作为重复使用的通用飞行平台，Roc飞机可在完成空射任务后，返回地面，接受检修、补充燃料、装配下一轮载荷，理论上第二天便可再次升空，且由于可携带近250t的有效载荷，可开展不同种类的试验科目，进而实现多渠道合作。

三是平流层发射公司通过策划周密的试验计划，分阶段验证、逐步成熟的方式，有效降低了高超声速飞行器的研制风险。从2022年10月首次挂载高超声速无人飞行器原型机TA-0开展载运飞行，到2024年3月实现TA-1的首次动力飞行，短短一年半的时间，成功完成了7次试验验证，在确保研制进度的同时，有效降低了研制风险。

## 结束语

面对其他国家高超声速武器服役带来的迫切压力，美国近年大力加强高超声速技术研发投入，以期实现在高超声速领域快速形成新质战斗力，其在2024财年高超声速技术领域预算总额超过50亿美元，平流层发射公司的Talon-A飞行器相关试飞活动可有效支撑美军高超声速飞行试验能力的提升，以及美国空军和海军高超声速武器的研发工作。

(李敏，中国航空发动机集团有限公司，高级工程师，主要从事航空发动机总体论证研究)