

长风破浪会有时

中国超音速临近空间飞行器行业 研究报告

2021年



研究范围界定

临近空间飞行器由航空与航天技术深度结合发展而来

临近空间是指距离地面20-100公里的空域，不在传统航空和航天的覆盖范畴内，是人类尚未进行大规模利用的空白区域。临近空间不仅从空间层面连接着天空和太空，同时也将航空与航天的技术进行深度融合。临近空间飞行器（临空器）是指在临近空间空域内飞行并执行特定任务的飞行器。从广义上讲，我们将临近空间内飞行速度超过1.2马赫的各类飞行器统称为超音速临近空间飞行器。

研究范围界定



注释：马赫数（Ma）是物体速度和当地音速的比值， $Ma < 0.8$ 属于亚音速范围， $0.8 < Ma < 1.2$ 属于跨音速范围， $1.2 < Ma < 5$ 属于超音速范围， $Ma > 5$ 属于高超音速范围。
来源：艾瑞咨询研究院根据互联网公开资料绘制。



美国从国家战略和国家安全方面考量大力发展超音速临空器；高超音速临空器研制难度高，美国发展并非一帆风顺。我国未来对于临近空间开发的政策支持将更为广泛且深入。



固发是当下主流方案，未来液体和组合动力是发展趋势；面对称构型的优良升阻比和机动性更加适合高超音速飞行；防热难点是抵抗长时间受热的同时，兼顾气动外形与经济性。



超音速临近空间飞行器种类分为探空火箭、试验平台、太空旅游及超音速客机。探空火箭在大气环境探测和微重力试验方面具有显著优势；缺少低成本、高响应速度的飞行试验平台是行业痛点；太空旅游逐渐大众化，商业运作即将到来；超音速客机发展的诸多因素已经拥有相应解决方案。



以飞行试验为切入点，进而拓展太空旅游和超音速客机领域对于国内初创企业更为稳妥。

超音速临空器行业概述 1

超音速临空器核心技术 2

超音速临空器市场分析 3

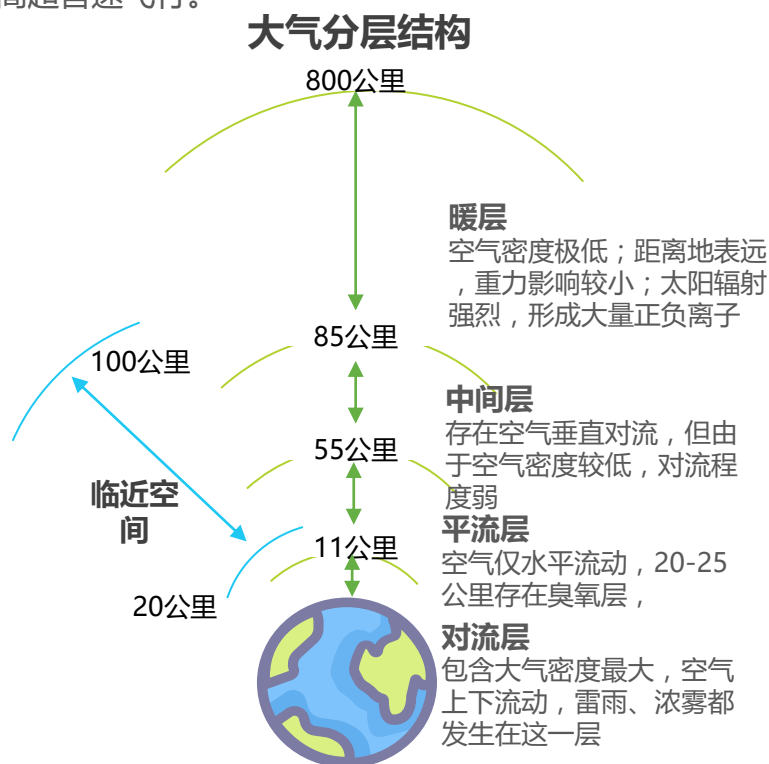
超音速临空器企业案例 4

超音速临空器发展路线 5

临近空间环境特点

环境差异导致航空、临近空间、航天存在应用差别

航空、临近空间与航天的环境差异导致三者存在较大应用区别。传统航空0-20km高度区间，存在稠密大气，较强的气动阻力很难实现高超音速飞行，因此航空器主要用于亚音速的商业运输。传统航天大于100km高度，大气稀薄，航天器无法利用气动力进行控制，仅能依靠动力进行控制，机动性能较差，因此运载火箭主要用于天地间运输。临近空间20-100km，存在少量的大气，环境介于航空航天两者间，在此空间内可以在较小的气动阻力下，增加气动力控制，从而实现长时间的高超音速飞行。



航空、临近空间及航天环境特点对比

航空	临近空间	航天
<ul style="list-style-type: none">航空高度范围内，空气稠密，航空器主要依靠空气动力产生升力并进行飞行器机动控制空气密度高，导致飞行阻力大，难以以高超音速进行飞行	<ul style="list-style-type: none">临近空间高度范围内，空气较为稀薄，临空器主要可以依靠空气动力进行飞行器机动控制空气密度低，气动阻力较小，足够的升力可以支持长时间高超音速飞行	<ul style="list-style-type: none">航天高度范围内，几乎没有空气，只能依赖各类动力装置进行控制基本无空气，需要全程使用自身动力来实现高速飞行

超音速临空器面临的环境影响

- 边界层转捩，是指靠近飞行器壁面的薄层，从层流转化为湍流的过程。飞行马赫数增加将会导致边界层转捩加剧，摩擦阻力增加，引起热流增加，侧向稳定性降低
- 等离子鞘套，是由于气动加热，贴近飞行器表面的气体和飞行器材料表面分子被分解和电离形成的，其具有吸收和反射电磁波的能力，会导致地面与飞行器之间的无线电通信中断

注释：对流层高度随季节和纬度变化，低纬度平均17-18公里；中纬度10-12公里；高纬度仅8-9公里。
来源：《临近空间环境对临近空间飞行器的影响》，互联网公开资料。

超音速临空器类型及特点

超音速临空器的科研应用日趋成熟，商业应用即将开始

超音速临近空间飞行器种类分为探空火箭、试验平台、武器装备、太空旅游及超音速客机。探空火箭目前技术和市场发展较为成熟。试验平台相对于探空火箭具有更强控制能力，飞行距离和飞行速度均高于探空火箭，基于这一特点可以向客户提供临空器提供气动、防热、电磁环境影响、控制制导等方面的飞行验证服务。国外太空旅游企业已开展适航验证，有望于两年内开展商业运营。高超音速客机在全球范围内技术尚不成熟，尚未进行商业化普及，目前波音等国外公司正在进行概念机研制阶段。

超音速临近空间飞行器对比

			产品特点	发展现状	应用范围
超音速临近空间飞行器	探空火箭		<ul style="list-style-type: none">• 技术门槛低• 对火箭控制要求不高• 对发动机要求不高• 对产品可靠性要求不高• 探空火箭价格低廉	<ul style="list-style-type: none">• 中国自1958年开始研制探空火箭，国内发展较成熟• 新余国科、中天火箭两家从事探空火箭的公司已上市	<ul style="list-style-type: none">• 大气参数测量、微重力实验、增雨防雹、科学教育等
	试验平台		<ul style="list-style-type: none">• 技术门槛高• 对工程经验要求高• 对发动机要求低• 对产品可靠性要求高• 对创新能力要求高• 试验平台价格较低	<ul style="list-style-type: none">• 目前国外Launcher One和X-60A已提供飞行试验服务• 国内星际荣耀及凌空天行均曾先后发射试验平台	<ul style="list-style-type: none">• 大型试验飞行器、动力系统、单机、结构、材料、算法等的搭载性试验
	太空旅游飞行器		<ul style="list-style-type: none">• 技术门槛高• 对发动机要求高• 对产品可靠性要求高• 太空旅游飞机价格较高	<ul style="list-style-type: none">• 国外维珍银河、蓝色起源等多家公司已开展适航验证• 国内星际荣耀、凌空天行等公司均提出过相关概念	<ul style="list-style-type: none">• 商业化的高端太空旅游服务，体验短暂失重等
	超音速客机		<ul style="list-style-type: none">• 技术门槛高• 对发动机要求高• 对产品可靠性要求高• 乘坐体验要求高• 运营经济性要求高• 超音速客机价格较高	<ul style="list-style-type: none">• 美国湾流、Boom、波音尚在进行研制中• 国内尚未开展研制	<ul style="list-style-type: none">• 常态化的洲际高速航班运输，2-4小时完成洲际旅行

来源：专家访谈、互联网公开资料。

美国高超音速临空器发展历程

高超音速临空器研制难度高，美国发展并非一帆风顺

美国高超音速临空器设计方案最早由钱学森提出，此后美国在高超音速临空器投入大量人力、物力，但很多计划都遭遇滑铁卢。美国在NASP项目失败后，通过将高难度目标拆解成为多个项目，每个项目仅研究1-2个关键技术并通过大量试验进行研究的方式进行技术积累与储备。另外，国防部和NASA引入竞争机制，各单位提出不同的方案，由国防部和NASA最终在充分考虑经费、技术等多方面因素后选择最优的方案进行研发。由于保持长期的竞争，可以打破垄断，更能充分发挥各单位的能力，达到共同进步。

美国超音速临空器发展历程分析

以火箭发动机为推进动力，具有进入近地轨道和再入大气层滑翔能力的一类飞行器：

- 1955年，空军、海军及北美航空公司联合研制X-15型飞行器，共进行199次试验，并创造6.72马赫速度纪录
- 20世纪60年代，波音提出一种可重复使用的航天飞机X-20计划。该计划对高超音速再入段的气动加热和结构强度进行了多次飞行试验，获得了丰硕成果

通过火箭助推器将飞行器推进至大气层外，待助推器分离后飞行器依靠自身气动外形进行远距离机动滑翔的飞行器：

- 1966年，马丁·玛丽埃塔公司研制X-23飞行器首飞，采用升力体结构，由Atlas火箭运载，研究再入大气层机动特性
- 1969年，马丁·玛丽埃塔公司研制X-24飞行器首飞，采用液体火箭发动机，用于研究升力体无动力滑行和再入

吸气式高超音速飞行器是以超燃冲压发动机为动力的一类高超音速飞行器。该类飞行器的主要应用前景是战术巡航导弹和察打一体无人飞行器：

- 1984年，NASA提出了国家空天飞机(NASP)发展计划，这是一种单阶入轨以氢为燃料的吸气式高超音速飞行器。
- 2000年，NASA提出以超燃冲压发动机为动力的X-43A，设计速度可达马赫数7-10，飞行高度在29-34km之间

空间轨道机动飞行器、助推滑翔再入飞行器、吸气式高超音速飞行器同步发展：

- 空间轨道机动飞行器X-37B从2010年至今共成功升空6次，累计在轨2865天，其飞行目的尚未公开（第6次未着陆，固没有统计）
- X-51A是一种乘波体结构的超燃冲压发动机技术验证飞行器，由波音公司开发，最大飞行速度为马赫数6，进行4次飞行，其中三次失败

空间轨道机动飞行器

01

20世纪50-60年代

助推滑翔再入飞行器

02

20世纪60年代中期-80年代中期

吸气式高超音速飞行器

03

20世纪80年代后期-21世纪10年代

多种临空器并行发展

04

21世纪10年代年至今

来源：《临近空间高超音速飞行器发展及关键技术研究》，《美国高超音速飞行器发展历程研究》，互联网公开资料。

美国发展超音速临空器原因探究

美国从国家战略和国家安全方面考量大力发展超音速临空器

美国从国家战略和国家安全两个方面的因素考量，大力发展超音速临空器。自从美国调整全球战略之后，实行了“重返亚太”的战略，其主要目的是针对中国。特朗普时代即将终结，然而中国竞争中合作的格局不会改变。当下我国更要跟上时代发展的步伐，大力发展超音速临空器技术，只有掌握了这一具有战略威慑力量的技术，实现中华民族的伟大复兴的远景才能得到保障。

美国发展超音速临空器原因

配合国家战略

- 保持美国强大的创新能力是美国极为重要的发展战略，高超音速技术需要融合气动、推进、材料、制导等多学科最新技术，发展超音速临空器符合美国创新战略需求。
- 服务于美国空天发展战略。随着新兴国家在空天领域不断发力，美军逐渐丧失空天领域的绝对主导权，因此美国成立太空军以应对。建立太空军后，空天发展将获得更大的预算分配权；更高协调决策权；独立的人事安排权。届时美国空天领域发展将进一步提速。

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_25008

