

# 2019年临近空间科学技术热点回眸

黄宛宁<sup>1</sup>, 李智斌<sup>2\*</sup>, 张钊<sup>3</sup>, 李丁<sup>4</sup>, 朱殷<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094
2. 山东科技大学电气与自动化工程学院, 青岛 266590
3. 北京大学工学院, 北京 100871
4. 海鹰航空通用装备有限责任公司, 北京 100074

**摘要** 概述了2019年临近空间科学技术的研究热点:在临近空间原位进行科学探测的高空科学气球扮演了主角;其他临近空间飞行器在平台技术与试验方面也取得了不同程度的进展;多型高超声速飞行器已经装备部队;太空旅游商业公司维珍银河上市,商业化的太空旅游又近了一步。

**关键词** 临近空间;高空科学气球;太阳能无人机;高超声速飞行器;亚轨道飞行器;超压气球;平流层飞艇

临近空间一般是指海拔20~100 km之间的空域,在这个区域,常规的飞机飞不上去,卫星下不来,地基观测和天基观测都存在各自的短板,目前仅有高空科学气球能够在此长期稳定运行,由于缺乏丰富有效的长期原位探测手段,临近空间有太多的未解之谜有待科学家去揭示:例如,临近空间是否有生物,它们从哪里来,临近空间神秘发光现象的成因是什么;临近空间的电磁环境变化对人类活动的影响等<sup>[1-2]</sup>。回顾2019年,在临近空间原位进行科学探测的高空科学气球扮演了主角,其他临近空间飞行器在平台技术与试验方面也取得了不同程度的进展,多型高超声速飞行器已经装备部

队。值得一提的是,维珍银河借壳上市,成为唯一上市的太空旅游商业公司,距离商业化的太空旅游又近了一步。

## 1 基于高空气球的临近空间原位科学探测进展

2019年5月,极地中层云湍流(the polar mesospheric cloud turbulence, PMC Turbo)高空气球飞行实验的成果公开发布。本次试验的飞行时间为2018年7月8—13日,从瑞典Esrangle飞到了加拿大北部,历时5.9天。在Esrangle的发放任务是由美

收稿日期:2019-12-31;修回日期:2020-01-10

基金项目:国家自然科学基金项目(61733017,91638301);中国科学院战略性先导专项(XDA17020203)

作者简介:黄宛宁,高级工程师,研究方向为临近空间飞行器测控技术,电子信箱:hwn@aoe.ac.cn;李智斌(通信作者),教授,研究方向为临近空间飞行器智能无人系统动力学、容错控制及应用,电子信箱:zhibin.li@sdust.edu.cn.

引用格式:黄宛宁,李智斌,张钊,等. 2019年临近空间科学技术热点回眸[J]. 科技导报, 2020, 38(1): 38-46; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.01.003

国国家航空航天局(NASA)承担。飞行实验在2018年夏季最佳时间实现了高分辨PMC(极地中层云湍流)成像,捕获了PMC Turbo动态变化的多样性<sup>[3]</sup>。

PMC Turbo实验旨在基于平流层气球平台,在38 km高度定量观测极地夏季小尺度重力波(GWs)的动力学机制及其对夏季极区中层顶端流的影响。PMC Turbo科学载荷包括七台光学摄像机和一个球载瑞利激光雷达(图1),以PMC为自然示踪物。其中光学相机在38 km高度获取了82 km高度PMC层20~100 km分辨率的图像(图2)。



图1 发放前的PMC Turbo 载荷舱

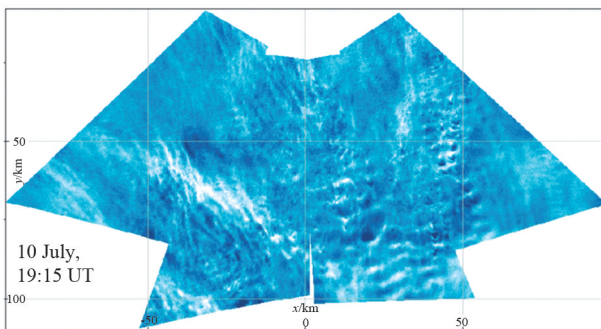


图2 对极地中层云的复合宽视角成像拼接结果

固态瑞利激光雷达(BOLIDE)由德国航空航天中心研制,是国际首次在平流层气球运行的大功率激光雷达。其发射波长为532 nm,脉宽5 ns,频率100 Hz,口径0.5 m,平均功率4.5 W。瑞利激光雷达获取了地面至PMC飞行高度的温度廓线。

2019年6—9月,在中国科学院“鸿鹄”专项的支持下,中国首次基于浮空平台开展数百种微生物、藻类、植物等生物样品的临近空间暴露实验,研究这些生物抵抗类火星环境的能力及适应机理,同时也获得数个产量明显提高的经济微生物突变株系,这表明临近空间生物暴露装置(图3)是一种新型有效的开展类火星环境生物学研究和微生物性状改良育种应用的综合实验平台。

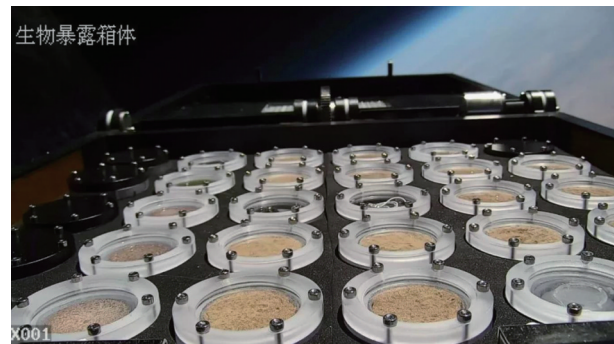


图3 临近空间生物暴露装置开启

2019年8月1日,日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)在北海道的Taiki航天实验站发放了一个直径11 m的小型高空气球,用于超薄钙钛矿太阳能电池的飞行测试。气球最高攀升至太平洋上空约30 km(100000英尺)的高度。钙钛矿材料具有特殊的晶体结构,当用于太阳能电池时,如果可以克服稳定性和环境兼容性的挑战,可以提供高光照吸收率、低成本和工业可扩展性等潜力,高空气球搭载太阳能电池试验是对空间用太阳能电池的有效验证手段<sup>[4]</sup>。

2019年8月22日,826 kg重的气球载低温望远镜试验台(图4)“山猫”(balloon-borne cryogenic telescope testbed, BOBCAT)发放成功,在空中飞行了大约8 h,在平飞高度停留了4 h 26 min,成功实现既定科学目标。“山猫”是由NASA的戈达德太空

飞行中心的艾伦·J·科古特博士在马里兰州领导的一项技术验证项目,计划利用高空气球平台开展一系列实验以大幅度提高下一代远红外望远镜观测的灵敏度。远红外线是研究宇宙黑洞、星云和新太阳系形成的常用波长。大部分来自太空的远红外线被地球大气层阻挡,甚至连最高的山顶天文台也不能较好的观测。因此临近空间球载观测平台是极佳的空间天文观测实验室<sup>[5]</sup>。

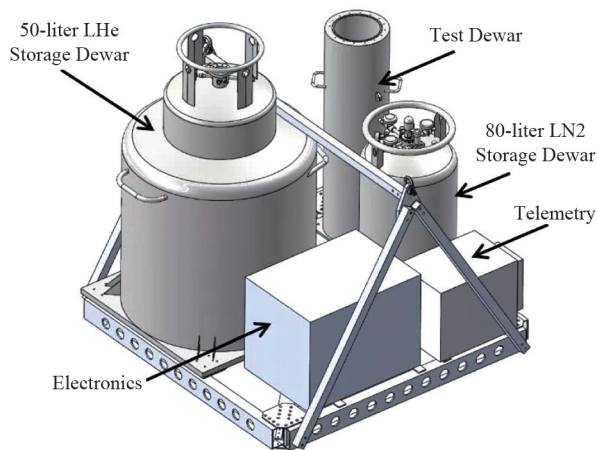


图4 “山猫”任务载荷示意

2019年9月18日,NASA的高空球载日冕仪BITSE(图5)终于在萨姆纳堡发放成功。飞行高度为35 km,平飞时间6 h。BITSE的科学目标是通过观测对日冕的密度,电子速度和温度的观测,揭示太阳风暴的形成原因,通过高空气球的飞行试验验证关键技术,为未来在国际空间站的搭载奠定基础<sup>[6]</sup>。



图5 NASA的新型气球载日冕仪

2019年,作为平流层气球的前瞻性创新应用方向,微软创始人比尔·盖茨资助了一项看似疯狂的计划。这项计划由哈佛大学的科学家倡导,旨在遏制全球变暖趋势。按照计划,科学家将把数量惊人的尘土倾倒入地球平流层。理论上,这些尘埃能够形成一个巨型遮阳板,将部分阳光反射回太空,进而起到为地球降温的作用<sup>[7]</sup>。

最初的测试被称之为“同温层可控扰动实验”(SCoPEX),将耗资300万美元(图6)。实际操作中,一颗气球将把大约2 kg碳酸钙(体积相当于一袋面粉)送入新墨西哥沙漠上空12英里。这会在空中形成一个长0.5英里(约合805 m),直径100码(约合90 m)的管状区域。在接下来的24 h,气球在推进器的引导下穿过这个人造云,其搭载的传感器将监测尘埃反射阳光的能力以及对周围稀薄大气的影响。值得一提的是,该实验被《Nature》杂志预测为2019年十大科学事件之一。

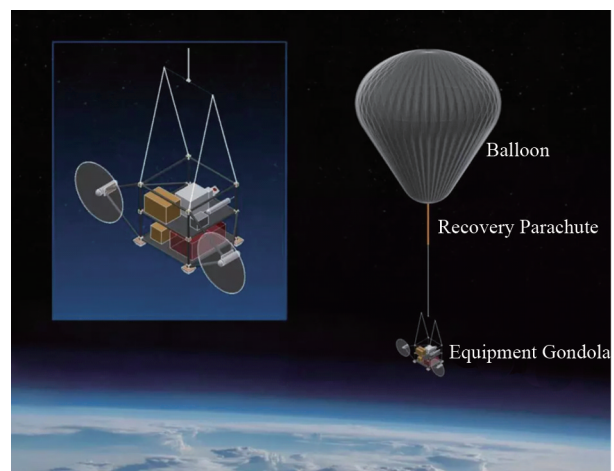


图6 SCoPEX 试验示意图

## 2 临近空间浮空器平台研究进展

### 2.1 平流层飞艇

在平流层飞艇方面,法国的Stratobus项目一直受到广泛关注。Stratobus飞艇体积为85000 m<sup>3</sup>,设计用于在20 km平流层底部高度飞行。该飞艇装配有4个推进电机,驻空一整年。在理想条件

下,它能携带 250~450 kg 的负载。stratobus 飞艇将配有 1000 m<sup>3</sup> 的光伏电池,电池覆盖其外表材料面积的 1/4,并为其 4 台电动机、储能系统和有效载荷提供所需的电力。该项目在 2019 年取得了两项重要进展。

1) Thales Alenia 空间公司开发的一种创新性光伏技术:研制一种具有柔性、低成本、重量小于 800 g/m<sup>2</sup> 的轻量模块,该模块能够提供超过 200 W/m<sup>2</sup> 的功率输出,表面积超过 4 m<sup>2</sup>。每块光伏电池组件由一系列太阳能电池单体组成,而单体电池的额定效率超过 24%。最新的静态机械验证试验表明,封装材料在紫外线和臭氧的作用下具有很高的稳定性,同时热循环后的相对功率损失很低。模块的设计能够承受特定工作环境下的热应力和机械应力,以满足这类技术的长使用寿命要求,包括外壳的膨胀和收缩<sup>[10]</sup>。

2) “吊舱移动系统”,它是 stratobus 飞艇的一套特殊子模块(图 7),吊舱内放置有用于飞艇通信和监测等有效载荷,能够使飞艇绕本体纵轴旋转。这套“吊舱移动系统”设计目的在于让飞艇的太阳能板自动跟随太阳角方位而运动,以实现最有效地吸收辐射能量。这对于 Stratobus 飞艇操作和能源独立来说是很关键的。这套吊舱已于 2019 年在法国南部的 LaSeyne 的一处车间中的全尺寸试验台(30 m 长,10 m 高)上进行了试验。这套测试平台能够模拟飞艇飞行中的各项参数以为 Stratobus 飞艇首飞做足准备<sup>[11]</sup>。

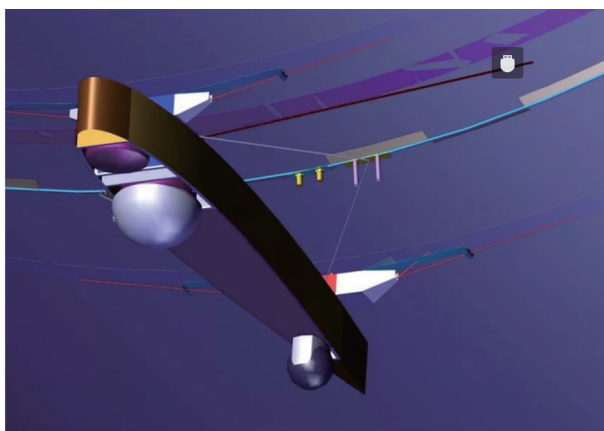


图7 吊舱移动系统

## 2.2 超压气球

截至 2019 年 8 月,谷歌气球在平流层高度飞行超过了 100 万 h,总飞行里程接近 4000 万 km——相当于 100 次地月间来回或绕地球飞行 1000 次。谷歌气球在 50000~70000 英尺(15.2~21.3 km)之间的大气中飞行,利用气泵增加或减少气球中的空气,使气球系统重量增加或减少,以实现在高度上升或下降,直到找到一个有利的气流为止。高度调节操作在气球整个生命周期中重复上千次,实现随风漂流到世界各地(图 8)。实现这种平流层“舞蹈”需要处理大量的数据,包括来自全球数字天气模型的风场预报和来自气球系统本身的实时测量。在 4000 万 km 的飞行中收集到的环境信息算得上大气研究中的“罗塞塔石碑”。谷歌气球展示了如何将这两个数据源融合在一起,并对气球应该做什么运动做出有根据的猜测<sup>[8]</sup>。

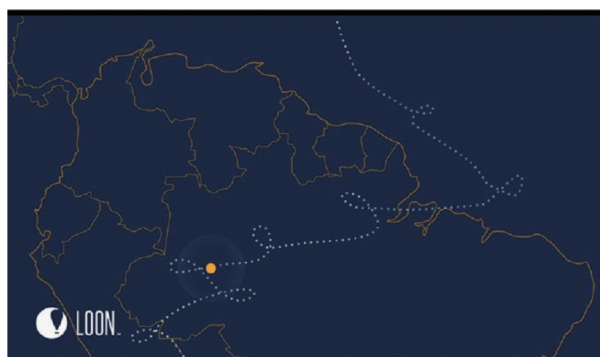


图8 Loon 气球的飞行航迹

2019 年 8 月,根据联邦通信委员会(FCC)提交的文件显示,美国军方正在使用实验性高空超压气球在中西部 6 个州进行广域监视测试。从南达科他州农村发射了多达 25 个无人太阳能气球,在穿越明尼苏达州、爱荷华州、威斯康辛州和密苏里州的部分地区漂流 250 英里,然后在伊利诺伊州中部结束。根据航空航天公司 Sierra Nevada Corporation 提交的文件,这些气球在高达 65000 英尺高度的平流层中飞行,旨在“提供持久的监视系统来定位和阻止麻醉品贩运和国土安全威胁”。气球携带高科技雷达,可以全天候 24 h 同时跟踪多个车辆<sup>[9]</sup>。

使用超压气球进行广域监视成为了此类浮空器的一个新的应用方向,目前可以提供此类浮空器

的美国企业包括 RAVEN aerostar 和 world view, 前者为谷歌大名鼎鼎的 Loon 气球网络计划提供超压气球, 也是 DARPAR“可适应性浮空器”(ALTA) 计划的气球提供商, 后者采用独特的串联式超压气球造型(图 9), 在 2019 年 8—9 月也取得了连续飞行 32 天的优秀成绩(图 10)。



图 9 本次飞行的航迹图



图 10 Worldview 公司的串联式超压气球

### 3 临近空间太阳能无人机研究进展

太阳能无人机以太阳能为能量来源, 以太阳能和储能电池联合供电的模式为电推进系统和机载

设备提供电能, 是临近空间低动态飞行器的重要组成部分。

进入 2019 年, 日本软银公司旗下企业 HAPS Mobile 与美国航空环境署围绕“高空平台基站”(HAPS)项目开展了合作, 旨在为全球偏远地区提供下一代移动(如 5G)互联通信, 其所采用的“鹰 30”(HAWK30)太阳能无人机翼展达到了 78 m(图 11), 由 10 台螺旋桨动力系统驱动, 2019 年 9 月完成了首飞, 随后在 11 月完成了第二次飞行试验, 并计划在 2020 年 3 月底前开展到达平流层的飞行试验<sup>[12]</sup>。



图 11 HAWK30 太阳能无人机

美国波音公司旗下极光飞行科学公司(Aurora)研发的翼展为 74 m“Odysseus”(奥德修斯)太阳能无人机(图 12), 其设计目标为仅靠太阳提供动力进行有效的无限飞行, 可带载荷 25 kg, 原计划在 2019 年 4 月进行的首飞被无限期推迟<sup>[13]</sup>。

此外, 英国的 BAE 公司正在研发的“持久高空太阳能飞机 35”(PHASA-35), 总重 150 kg(含 15 kg 载荷), 翼展 35 m(图 13), 旨在空中驻留 12 个



图 12 Odysseus 太阳能无人机

月,目前已经完成了两架标准原型机的生产,正在开展首飞的准备工作<sup>[14]</sup>。



图13 PHASA-35太阳能无人机

从国外太阳能无人机发展的整体情况来看,已在气动、能源、动力、结构、控制等多学科技术方面取得了巨大进步,正在与实际工程需求相结合开展有关演示验证,但是距离大规模工程应用尚需开展进一步优化提升<sup>[15]</sup>。未来需要继续在高功率重量比的电机技术、高能量比的储能电池技术、高转换效率的太阳能电池板技术、高性能比的复合材料生产制造技术、高可靠性和稳健性的飞行控制技术等方面不断进行技术探索。

#### 4 高超声速飞行器研究进展

2019年是各国高超声速飞行器系统发展成果卓著的一年,主要大国继续加大投入力度,同时在导弹武器装备研发方面已经取得了显著的成效,明显形成了美、中、俄三国较力的局面。目前任何防空系统在高超声速武器面前将毫无用武之地,这也是中美俄3个军事强国相互角逐的根本原因。

2019年,为应对不断发展的高超声速威胁,美国防部和各军种正在开发各种“全球快速打击”项目。美国防部2019财年预算将为此拨款约20亿美元;重点高超声速项目的资金也从2018财年的2.01亿美元增加到2019财年的2.78亿美元;2019年6月,针对空射快速响应武器“箭”(项目编号AGM-183A),美国空军利用B-52轰炸机成功进行了空射快速反应武器原型机的首次系留飞行试验<sup>[16]</sup>(图14)。

随后,代理陆军部长Ryan McCarthy表示,美国

正在开展将弹道弹头安装到轻型高超声速导弹上的研究。2019年12月,美空军正式授予洛马公司9.89亿美元AGM-183A高超声速导弹研制合同<sup>[17]</sup>。

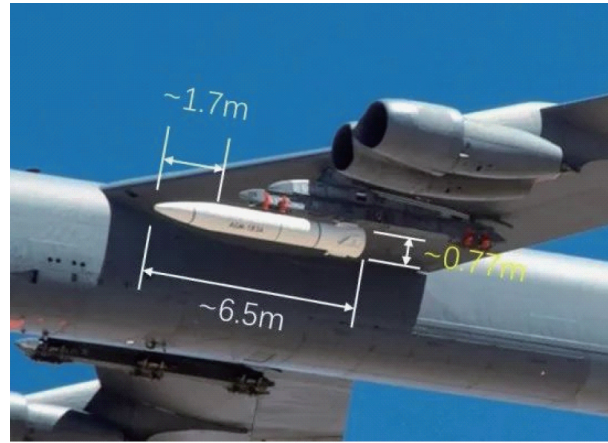


图14 AGM-183A系留飞行试验现场照片

2019年10月1日,庆祝中华人民共和国成立70周年阅兵式上,“东风-17”高超声速乘波体导弹首次公开亮相(图15)。“东风-17”是全球首个应用到陆基战役战术导弹上的高超声速弹头,显示出中国已经成为了世界高超声速武器研制第一梯队中的重要一员。



图15 DF-17高超声速乘波体导弹

2019年10月31日,普京宣布俄新型护卫舰首舰将配备“锆石”高超声速导弹,速度最快达到8马赫;<sup>[18]</sup>11月26日,俄军宣布两枚携带有“先锋”高超声速打击器的yp-100Hy型洲际弹道导弹已投入战备执勤;11月30日,俄罗斯又在北极测试了“匕首”高超声速导弹(图16),该测试中使用米格-31发射导弹,加速到了10马赫。“匕首”型导弹本身的射程

为 2000 km, 通过惯导与末制导, 其命中精度可达到 1 m 水平, 可打击整个美韩基地<sup>[19]</sup>。



图 16 “匕首”高超声速导弹

针对高超声速飞行器的发动机, 英国反作用发动机有限公司 (REL) 2019 年 10 月 22 日发布公告称, 公司 SABRE 发动机预冷却器 (pre-cool type heat exchanger) 样机 (HTX 测试项目) 日前在美国科罗拉州 TF2 试验站成功完成了 5 马赫模拟条件下的高温考核试验。该预冷却器是 SABRE 发动机的关键组成部分 (图 17), 负责冷却进入发动机进气道的热空气流, 在此次测试中, 预冷却器在不到 1/20 s 的时间内成功地冷却了来流 (高达 1000°C) 的极端热量。这有效地证明了预冷却器冷却气流的能力, 其速度远远超过了传统喷气发动机所能承受的极限<sup>[20]</sup>。



图 17 SABRE 发动机与预冷却器

法国国防部长弗洛朗丝·帕利表示, 法国将研制代号为 V-Max 项目的高超声速武器, 并计划于 2021 年底进行飞行演示验证。V-Max 高超声速导弹的飞行速度将达到 5 倍声速以上, 在项目最初阶段, V-Max 将安装在制导导弹或非制导导弹上进行试验<sup>[21]</sup>。

2019 年 11 月, 日本防卫省中长期国防科技发展规划文件《R&D 构想: 致力但不限于实现多域防

务力量》。文件提出要发展远程高超声速武器, 规划了两条并行开展的技术路线, 即助推滑翔导弹和巡航导弹, 给出了两条线的技术发展路线图。根据路线图显示, 日本计划在 2030 年前后列装采用超燃冲压发动机作为动力的高超声速巡航导弹 (其中在 2026 年前后列装早期型高超声速助推滑翔导弹, 2032 年前后列装增强型高超声速助推滑翔导弹); 2035 年前后再列装性能升级的新一代高超声速巡航导弹<sup>[22]</sup>。

从 2019 年的进展可见, 作为重要的进攻性武器, 高超声速飞行器无与伦比的突防能力已经使得现有的防空体系漏洞百出, 攻防天平已然倾斜。各技术强国在大力发展进攻武器的同时, 不约而同地开始加快防御系统的论证与研制工作, 未来的新型防空武器必然以高超声速弹头的拦截作为重要设计需求, 这显然将促进攻防策略与技术研究的新发展。对于高超声速飞行器技术本身而言, 助推-滑翔式飞行器将在现有基础上, 派生出更多的实用性改良型号; 而吸气式高超声速飞行器会得到进一步重视, 在促进军事技术进步的同时, 极有可能在未来的民用领域大放异彩。

## 5 超声速亚轨道飞行器研究进展

同样作为致力于太空旅游的商业航天公司, 蓝色起源和维珍银河采用了不同的亚轨道飞行器方案: 前者为单级火箭助推分离的方式, 后者为空中发射太空船的方式。两者在 2019 年都有不同程度的进展, 但千呼万唤的第一次太空旅游商业飞行依然没有到来。

2019 年 12 月, 蓝色起源创造了一项新的纪录: 同一枚火箭成功实现第 6 次发射及回收 (图 18); 第 5 次重复使用 (单从复用次数来看, 无疑这是全球航天界的新高度); 无人太空舱第 6 次测试飞行、着陆。

这次发射飞行高度为 104 km, 仍属于亚轨道测试飞行, 依然是新谢泼德火箭载人版太空舱的配置, 这套箭船系统的核心目的, 为了亚轨道商业飞行——打造蓝色起源太空之旅, 让太空旅客可以体感到 5 min 的失重状态。载人太空舱设计搭载 6

人,自2017年12月12日首次试飞以来,一直处在测试阶段,现已总计试飞过6次。箭船系统多次复用能力,包括回收、翻新能力以及所有发射间隔最小程度的翻新技术<sup>[23]</sup>。



图18 新谢波德火箭飞行任务剖面

英国维珍银河公司方面,通过与Social Capital Hedosophi (SCH)公司的合并,于美国当地时间10月28日在纽约证交所借壳上市,成为了全球首家、也是唯一一家公开上市的太空商业飞行公司。公司CEO怀特赛兹表示,维珍银河眼下正在完成首架实用型“太空船二号”飞行器的“最后一批工作”。名为“VSS团结号”的这架飞行器年底从加州莫哈韦航空航天港转往新墨西哥州美洲航天港,以进行最后一系列试飞,拟在2020年年中启动商业运营<sup>[24]</sup>。

维珍银河已得到了600多位客户的订单。怀特赛兹表示,公司正准备恢复已暂停了几年的售票工作,自公司2018年12月首次飞到太空边缘以来,已有超过3700人“表达了买票的愿望”。他说,公司眼下正在最终敲定新的定价策略。

## 6 结论

回顾2019年,高超声速飞行器无疑是临近空间领域最亮丽的风景,多款型号宣布列装部队,对临近空间制空权的争夺已经进入白热化阶段;高空气球这款历史悠久的临近空间浮空器,依然是目前在临近空间长期可靠飞行的唯一选择,在科学研究领域发挥着难以替代的作用,它的改进款——超

压气球在民用领域的应用得到越来越多的重视,平流层飞艇和临近空间太阳能无人机作为高空“伪”卫星中的双子星,优缺点均异常鲜明,进展速度低于预期;商业太空旅游公司的上市,让人们再次对亚轨道飞行器的首次商业太空旅游飞行充满了期待。

## 参考文献

- [1] 李智斌, 黄宛宁, 张钊. 2018年临近空间科学热点回眸[J]. 科技导报, 2019, 37(1): 44-51.
- [2] 黄宛宁, 张晓军, 李智斌, 等. 临近空间科学技术的发展现状及应用前景[J]. 科技导报, 2019, 37(21): 46-62.
- [3] Fritts D C, Mille A D, Kjellstr C B, et al. PMC Turbo: Studying gravity wave and instability dynamics in the summer mesosphere using polar mesospheric cloud imaging and profiling from a stratospheric balloon[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2019, 124: 6423-6443.
- [4] JAXA 使用高空气球测试新型太阳电池[EB/OL]. (2019-08-16)[2020-01-06]. <https://new.qq.com/rain/a/201908-16A07BX800>.
- [5] NASA 在新墨西哥州启动2019年气球项目[EB/OL]. (2019-09-20)[2020-01-06] <https://new.qq.com/omn/20190920/20190920A08KDP00>.
- [6] NASA 高空球载日冕仪BITSE发放成功[EB/OL]. (2019-09-21)[2020-01-06]. <https://new.qq.com/rain/a/2019092-1A0FRWL00>.
- [7] 疯狂计划! 盖茨希望在同温层喷洒海量尘土以遏制全球变暖[EB/OL]. (2019-08-29)[2020-01-06]. <https://new.qq.com/omn/20190830/20190830A0000500.html>.
- [8] 张航悦. 100万小时的平流层飞行 机器学习导航所带来的创新[EB/OL]. (2019-08-19)[2020-01-06]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-3057882-1194300.html>.
- [9] 美军秘密测试高空监视网[EB/OL]. (2018-08-08)[2020-01-08]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1641297360720-084515&wfr=spider&for=pc>.
- [10] Thales Alenia 空间公司开发了平流层客车太阳能电池阵列[EB/OL]. (2019-01-10)[2020-01-06]. <http://kuai-bao.qq.com/s/20190110A06LPN00>.
- [11] 中国国防科技信息中心. 法国CNIM公司为“平流层巴士”飞艇设计验证关键子部件 [EB/OL]. (2019-07-15)[2020-01-10]. [http://www.sohu.com/a/326942405\\_313-834](http://www.sohu.com/a/326942405_313-834).

- [12] Zephyr pioneering the stratosphere[EB/OL]. (2018-08-27)[2020-01-06]. <https://www.airbus.com/defence/uav/zephyr.html>.
- [13] HAPS mobile.Connecting societies around the world.[EB/OL]. (2019-11-08)[2020-01-06]. <https://www.hapsmobile.com/en>.
- [14] Odysseus global reach,ariborne, for months,powered by the sun [EB/OL]. [2020-01-01]. <http://www.aurora./odysseus-high-altitude-pseudo-satellite-haps/>.
- [15] Collaboration with Prismatic[EB/OL]. (2019-09-10)[2020-01-05]. <https://www.baesystems.com/en/article/prismatic-and-bae-systems-collaboration>.
- [16] 努力追赶俄罗斯,美拟加速研发高超音速武器[EB/OL]. (2019-11-08)[2020-01-06]. <https://tech.sina.com.cn/roll/2019-12-08/doc-iihnzahi6057344.shtml>.
- [17] 美国国会研究服务局. Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress[R]. 华盛顿:美国国会研究服务局,2019
- [18] 俄海军将装备"锆石"高超音速巡航导弹[EB/OL]. [2020-01-06]. [http://www.dragonnewsru.com/news/ru\\_n-ews/20191119/101068.html](http://www.dragonnewsru.com/news/ru_n-ews/20191119/101068.html).
- [19] 张骁. 俄军首次在北极地区发射“匕首”高超音速导弹[EB/OL]. (2019-12-01)[2020-01-06]. [http://www.chinamil.com.cn/gjzx/2019-12/01/content\\_9686792.htm](http://www.chinamil.com.cn/gjzx/2019-12/01/content_9686792.htm).
- [20] 俄军接收“先锋”高超音速导弹[EB/OL]. (2019-05-24)[2020-01-06]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=163439-1866482189748&wfr=spider&for=pc>
- [21] 袁政英. 美军高层官员:美国高超声速武器发展现状、问题和建议[EB/OL]. (2019-05-01)[2020-01-06]. [http://www.globalview.cn/html/military/info\\_31390.html](http://www.globalview.cn/html/military/info_31390.html).
- [22] 曹亚林. 欧洲首个,法国将研制高超声速武器[EB/OL]. (2019-04-11)[2020-01-06]. [http://www.81.cn/jskj/2019-04/11/content\\_9474112.htm](http://www.81.cn/jskj/2019-04/11/content_9474112.htm).
- [23] 蓝色起源创造新纪录:一箭六飞! 却没赢得多少掌声[EB/OL]. (2019-12-13)[2020-01-06]. <http://tech.163.com/19/1213/10/F0951UFL000999LD.html>.
- [24] 航小宇. 股票上市之际,维珍银河称仍将放眼长远[EB/OL]. (2019-12-13)[2020-01-06]. <http://kuaibao.qq.com/s/20191030A0AT5700>.

## Summary of hot spots of near space vehicles in 2019

HUANG Wanning<sup>1</sup>, LI Zhibin<sup>2\*</sup>, ZHANG Zhao<sup>3</sup>, LI Ding<sup>4</sup>, ZHU Yin<sup>1</sup>

1. Aerospace Information Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China

2. College of Electrical Engineering and Automation, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China

3. College of Engineering, Peking University, Beijing 100871, China

4. Hiwing Aviation General Equipment Co., Ltd., Beijing 100074, China

**Abstract** A summary of the research focus of near space science and technology in 2019 is given. High-altitude scientific balloon for in situ scientific exploration in close space plays a leading role. Other near space vehicles have made varying degrees of progress in platform technology research and testing. Multi-type hypersonic vehicles have been used by troops, and the space tourism commercial company Virgin Galactic has come a step closer to commercial space tourism.

**Keywords** near space; high altitude scientific balloon; solar UAV; hypersonic vehicle; suborbital vehicle; overpressure balloon; stratosphere airship ●



(责任编辑 刘志远)