

推进组合动力飞行器技术深入研究， 开创航天运输发展新时代

自由、高效进出空天是人类永恒的梦想。2019年2月20日，习近平总书记在接见探月工程嫦娥四号任务参研参试代表时强调：“太空探索永无止境……建设世界科技强国，不是一片坦途，唯有创新才能抢占先机。”面对未来的太空探索，以廉价、快速、可靠、便捷为典型特征的新型航天运输模式将成为人类航天技术的重要发展方向，而新型动力及其应用技术的创新性变革将是推动这一发展的重要前提和保障。

1 组合动力技术助人类实现自由进出和高效利用空间

为满足自由进出和高效利用空间的任務需求，未来空天飞行器动力系统需要具备宽速域、大空域、高比冲、大推重比、重复使用等能力特征。然而，目前广泛使用的各种传统动力型式，包括燃气涡轮发动机、火箭发动机、冲压发动机等，虽在一定空域、速域范围内具有独特优势，但在更大工作范围及更高性能要求下，均存在适用性短板：燃气涡轮发动机在高空、高速适用性不佳，更无法在大气层外使用；火箭发动机需自身携带氧化剂，综合比冲性能相对较低；冲压发动机在低速条件下以及大气层外均无法正常工作。

组合循环动力技术正是解决这一问题的关键，其将不同动力模式高效组合，充分发挥各型动力在其工作范围内的性能优势，在全任务剖面内获得突出的综合性能，是未来先进航天运输系统的理想动力装置，具有巨大的商业、经济和社会价值。此外，组合动力飞行器技术具有战略性、基础性、前沿性的典型特



包为民，原籍浙江宁波，生于黑龙江哈尔滨，中国科学院院士、国际宇航科学院院士。现任中国航天科技集团有限公司科技委主任。主要研究方向为航天运载器总体技术、制导与控制技术。

点，其技术研究和工程应用将牵引带动高速空气动力学、先进材料与结构、高性能动力、先进导航制导控制、地面试验与评估等技术的快速发展，有助于促进国家科技软硬实力的有效提升。

2 不断加强中国组合动力飞行器技术领域研究

自20世纪五六十年代以来，美国、俄罗斯等航空航天大国均已积极开展组合动力飞行器技术的理论分析、地面验证及飞行试验研究，实现了多项关键技术突破。中国组合动力飞行器技术研究起步相对较晚，目前研究工作主要集中在动力系统原理性探索及飞行器各项关键技术研究方面。

组合动力飞行器具有突出的能力特点及应用优势，但其技术发展依然面临诸多挑战：一是需要在自主起飞直至入轨的飞行全程实现推阻平衡及有效加速，即“力”的挑战；二是需要在长时间高速飞行条件下实现高效热防护及有效热管理，即“热”的挑战；三是需要在宽速域、大

空域范围内实现发动机全程可靠工作，即“域”的挑战；四是需要通过飞行器多次、可靠重复使用实现航天运输成本的有效降低，即“效”的挑战；五是需要有效适应临近空间机动飞行、天地往返运输、轨道驻留等多种任务的能力需求，即“能”的挑战。

基于此，提出以下3点建议：

1) 结合关键技术研究进展，持续开展适用于中国的组合动力飞行器技术领域发展规划动态研究，从顶层明确领域长期发展路线，为领域技术发展指明方向。

2) 瞄准未来先进航天运输发展需求，加强典型组合动力及应用技术的广泛探索和深入研究，通过关键技术攻关、地面试验和研究性飞行试验，强化技术基础，实现方向聚焦，推动技术突破。

3) 加强国内各优势单位技术研究联合力度，聚焦主要应用目标，发挥各自技术优势，合力推动领域发展，为中国先进航天运输技术的变革性发展提供有力支撑。

组合动力飞行器技术是关系到未来国家安全和经济发展的战略性、前沿性技术，是世界各主要航空航天大国竞争的新焦点。我们应集中力量重点突破，探索适用于中国实际国情的组合动力飞行器技术发展模式，开创先进航天运输新时代，有力助推中国航天强国和科技强国建设的宏伟目标早日实现！

(中国航天科技集团有限公司，北京 100037)