



商业航天为可复用火箭带来哪些突破

液氧甲烷是可回收火箭推进剂的优选

在酒泉卫星发射中心发射的可重复使用验证火箭双曲线二号,所使用的是一种新型燃料——液氧甲烷。

就像燃油汽车需要添加汽油或柴油、飞机需要添加航空煤油一样,火箭也需要添加燃料,这种火箭专用燃料被称为“推进剂”。推进剂在火箭发动机中快速燃烧,为火箭飞行提供能量,对火箭的性能具有重要影响。

推进剂按照状态分为固体推进剂和液体推进剂两大类。使用固体推进剂的固体火箭发动机,是小型火箭和导弹的主流动力源。液体火箭发动机具有高比冲(比冲指1KG推进剂可形成的冲量)、工作时间长、推力可调节、可多次启动及脉冲工作等优势,在大型运载火箭及各类航天器上广泛应用。

目前,大型液体火箭一般采用的是

双组元推进剂,如液氧煤油、液氧液氢、液氧甲烷等。

其中,液氧煤油具有较高的比冲和成本效益,但也比较容易积碳(指发动机的燃油未能充分燃烧形成混合物)、结焦,大家熟知的“胖五”(长征五号)使用的就是这种推进剂。

液氧液氢则具有较高的能量密度和环保性,能满足大推力火箭的发射需求,是长期太空探索任务的重要选择之一。美国SpaceX公司的猎鹰9号可回收火箭就使用了液氧液氢推进剂。但由于液氢的密度非常低,需要更大的罐子来装,所以会明显增加火箭的自重。

而作为一种新型燃料,液氧甲烷几乎融合了以上两种燃料的优点,也规避了它们的大部分缺点,具有良好的性价比,可以用最低的价格,享受到高于液

氧煤油的比冲服务,还有完善的液化天然气行业“撑腰”,不用发愁存储的问题。更重要的是,液氧甲烷几乎没有积碳的问题,大大增加了修复和保养的便利。原本,火箭发动机是“一次性”的,只要能正常点火完成发射任务就会被丢弃,但要想让火箭能够回收并重复使用,就必须解决发动机的积碳问题。

因此,液氧甲烷推进剂凭借无毒环保、高可靠、高性能、低成本、易操作、可重复使用等特点,成为了新一代运载火箭技术的主要发展方向,近年来许多国家都在进行相关研究。SpaceX公司开发的大型运载火箭“星舰”和美国相对论空间公司的全球首款3D打印火箭“人族1号”采用的都是液氧甲烷发动机,只不过在今年早些时候的试飞中均未能成功入轨。

日前,可重复使用验证火箭双曲线二号(代号SQX-2Y)在酒泉卫星发射中心点火升空,约1分钟后,火箭在目标着陆点平稳精确着陆。这则消息一传出,令众多航天爱好者精神振奋。这是我国首次开展液体火箭全尺寸一子级的垂直起降与重复使用飞行试验,也是我国在可重复使用运载火箭技术上的重大突破。更值得关注的是,这标志着我国商业航天技术的崛起。

那么,这项飞行试验任务的目的是什么?对我国航天科技的发展有何意义?未来,商业航天还将为可重复使用火箭技术带来哪些突破?

降低发射成本关键在于“可重复使用”

此次发射之所以引人关注,在于其为“可重复使用验证火箭”。

众所周知,运载火箭研制复杂且制造与发射成本高昂,动辄上亿乃至数亿美元,成本问题成为制约航天事业发展的主要因素之一。科学家认为,火箭的可重复使用是降低发射成本的最重要手段。

可回收火箭的优点很多:首先,它可以大幅降低每次发射的成本,因为不需要每次都制造全新的火箭;其次,可以提高太空任务的灵活性,譬如将火箭的部件进行替换和升级,以满足不同的任务需求;第三,还可以减少对环境影响,不必每次都抛弃火箭的残骸。

火箭实现可重复使用,需要火箭在完成使命后安全返回地面,经检修后再次投入使用。按照回收方式的不同,可分为伞降回收、垂直回收及带翼飞回三种。其中,伞降回收不能改变飞行轨迹,返回过程箭体载荷环境较为恶劣,可能造成一定的冲击和压力,着陆精度差,对回收和复用不利,且受限于降落伞尺寸,难以满足较大箭体的回收。带翼飞回目前仍停留在概念设计阶段,即利用自身动力飞回发射场并水平着陆,这需要对火箭设计进行改动,可能造成结构更复杂、质量增加等问题,从而导致运载能力损失较大。而垂直回收能够有效改善上述问题,不限降落区域,通过发动机多次点火减小飞行载荷、提高着陆精度,同时,其对火箭设计的改动最小,可回收包括发动机在内的核心部件,在三种回收方式中应用价值最高。

火箭的回收主要分为部分可回收和完全可回收两大类:部分可回收主要是回收火箭的一子级,即最开始工作的子级,实现相对简单;完全可回收则是回收火箭的全部部件,包括发动机、燃料等,技术难度较大,但潜力也更大。

国际上有许多机构和企业在研发可重复使用火箭技术,其中最为成功的就是美国的SpaceX公司。2015年12月,SpaceX成功发射了猎鹰9号火箭,并且在火箭升空后10分钟成功完成第一级火箭回收任务,从而开创了从太空直接垂直回收火箭的历史。可重复使用火箭带来的经济收益是巨大的,猎鹰9号火箭向近地轨道发射的单价报价为6700万美元,但燃料费只有20多万美元。

目前,全球但凡有点航天能力的国家和地区,包括中国、俄罗斯、印度、欧洲、日本等,都在研制可重复使用火箭,可惜暂时还没有谁能比肩SpaceX。

我国踏入商业航天快车道助力研发突破

此次发射的可重复使用验证火箭双曲线二号由北京星际荣耀空间科技股份有限公司自主研发,它采用3.35米全尺寸箭体直径,全长约17米,装配自主研发的焦点一号深度变推力液氧甲烷发动机,试验飞行高度178.42米、飞行时间50.82秒、着陆位置精度约1.68米、着陆速度为每秒0.025米、着陆姿态角约0.18度、滚动角约4度,高精度圆满完成了飞行试验任务。

此次飞行试验验证了星际荣耀重复使用液体火箭一子级总体方案、连续变推力液氧甲烷动力系统方案,以及火箭着陆段垂直软着陆导航、制导与控制方案的正确性。同时,也验证了液氧甲烷火箭加注、发射、回收及后处理流程的正确性与协调性,获取了重复使用关键技术核心试验数据,为正在研发的中大型可重复使用运载火箭双曲线三号提供了有力的技术支撑。

目前,我国深耕液氧甲烷发动机科研领域的商业航天企业,除了北京星际荣耀之外,还有北京蓝箭、北京九州云箭、北京宇航推进等,并已各自取得具

有代表性的科研成果。其中,全球首枚成功入轨的液氧甲烷火箭——今年7月12日发射的“朱雀二号”,就是由我国民营航天企业蓝箭航天空间科技股份有限公司自主研发的。

从全国范围来看,商业航天恰逢快速发展的蓬勃时代,那么,我们为什么要大力发展商业航天?它真的能在国家航天事业中发挥积极作用吗?

从概念上来讲,商业航天是指按市场规则配置技术、资金、人才等资源要素,以盈利为目的、独立的非政府航天活动,涵盖卫星制造、发射服务、卫星运营及应用、地面设备制造与服务、太空旅游、太空资源开发等多个领域。商业航天具有市场驱动性,其蓬勃发展将引发巨大的经济规模链式效应,对于细分航天市场和社会组织分工有重要意义,但同时必须受国际规则、国家法律的约束,其发展必须符合保障国家安全和公共安全的要求。

1980年3月,世界第一家商业航天发射服务公司欧洲阿里安空间公司成立,它的幕后支持者是欧洲航天局

(ESA)。美国指了个方向,欧洲开了个头,商业航天发射的赛道上慢慢就热闹起来。

1990年4月,美国休斯公司率先使用中国火箭发射“亚洲一号”卫星,使世界了解到中国火箭的实力。以此为起点,长征三号、长征二号捆绑式、长征二号丙、长征三号乙等运载火箭成功打入国际市场。到了2015年,我国航天迈出了由政府主导向商业化转变的重要步伐。当年,国家发改委、财政部、国防科工局等部门联合发布了《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015—2025年)》,明确鼓励民营企业发展商业航天,开启了我国航天由单一政府主导向政府主导与市场推动相结合的转变进程。

从技术不断创新,到产品不断迭代,商业航天的目标就是可以根据客户需求,实现灵活订制,成为“国家队”的补充。未来最理想的航天体系应该是多元化、可持续发展的体系,商业航天和国家航天两条腿走路,互为助力,共同推动航天事业的发展。

商业航天仍面临诸多挑战

商业航天的崛起对于航天产业的发展 and 人类对太空的探索都具有重要意义,国外商业航天自由、迅速发展,带动了大量技术创新突破,取得了前所未有的成就。但在这个新开辟的疆域里,由于没有成熟的商业模式和全球化规则体系约束,也涌现出了无序竞争和安全隐患等新问题。

首先,打破了旧垄断,却形成了新垄断。根据《华尔街日报》的报道,自2022年起,进入美国发射场88%的客户都选择了SpaceX的火箭发射服务,而之前最可靠的俄罗斯联盟号火箭由于俄乌冲突被束之高阁,这使得SpaceX公司几乎对商业发射市场实现了全面垄断。长期以来,欧洲航天局都在争取和美国航空航天局(NASA)“划清界限”,以保护欧洲的卫星和伽利略系统的独立性,然而,俄乌冲突和阿丽亚娜6号的难产使欧盟目前没有任何可以称得上一流的重型运载火箭。近日,欧洲航天局与SpaceX签署协议,将依靠猎鹰9号火箭发射4颗伽利略卫星,这是伽利略卫星史上首次被运离欧洲本土到美国发射,这也意味着SpaceX在国际航天领域的垄断能力进一步提高。

而在此之前,洛克希德·马丁公司和波音公司两大军工巨头合资组建的联合发射联盟(ULA)在美国航天发射市场长

期把持垄断地位,一直满足于“改进型一次性运载火箭”,缺乏开拓精神,成本降不下来,技术提不上去,发射报价高昂。美国航空航天局为打破联合发射联盟的垄断,对SpaceX给予资金和技术支持。自马斯克抛出“星链”计划和“星舰”计划两个新产品后,SpaceX开始逆袭翻盘。SpaceX之所以能迅速刺穿传统航天巨头的市场护盾,主要原因是手握低价长矛。马斯克革新生产技术环节,建设流水线卫星工厂,坚持研发可重复使用火箭,大大降低了制造成本。SpaceX拿到第一笔订单后仅仅1年,其签订的商业卫星发射订单量就占据国际商业航天发射市场的45%。截至北京时间今年11月4日,SpaceX发射的卫星约有5005颗在轨运行,占据全球在轨运行卫星总数的大半江山。

如今,当年的“屠龙少年”已然变成新的“巨龙”,新的制衡力量又在何方?航天业、投资界的众多专家对此表达了深深的担忧。建立一个万物生长、百花争艳、公平公正的多元化市场,方为可持续发展之计。

其次,“野蛮生长”的卫星互联网星座暗藏太空碰撞风险、频谱资源枯竭与抢占、空间碎片、光学污染等一系列问题。卫星互联网星座的本意是“提供全球覆盖、天地一体的高质量网络通信服

务”,但因天生可用于军事、国防的优异性能,演变成了卷入国家、政府背景的一场角逐。据不完全统计,全球计划中的卫星数量已超5.7万颗,其中SpaceX的“星链”计划就有4.2万颗卫星,而太空可容纳的卫星总量不过6万颗。密集运行的卫星会带来更多的碰撞风险,形成更多空间碎片,更不用提那些不受控制的失效卫星。不难看出,加强基于国际通用规则的太空交通管制、建立更为公平合理的频段分配与保护新规则,确保太空活动的安全和可持续发展,已成为亟待解决的一大难题。

相比之下,我国商业航天的发展仍处于初级阶段,其发展既面临新一轮科技革命和产业变革的机遇,又面临愈加激烈的国际竞争环境,以及政策、人才、技术、资金等要素支撑不足等问题的挑战。在我国国民经济和社会发展第十四个五年(2021—2025年)规划中,星际探测、重型火箭等空天科技首次出现在“强化国家战略科技力量”的内容中。作为航天领域的新生力量,商业航天在政策扶持和社会资源的助推下,必将成为推动我国航天及高科技产业高质量发展的重要支撑,承载着为建设航天强国注入新鲜动能的厚望。

据《北京日报》