

全国首颗、浙企研制,揭秘超低轨道试验卫星乾坤一号 比星链更低处,抢占太空价值制高点

本报见习记者 涂佳煜 通讯员 宋星瑶



乾坤一号超低轨道试验卫星概念图。受访者供图

挑战极限 这颗卫星有何不一般

乾坤一号试验卫星的人轨高度为500千米,未来将根据任务需求,在300千米、268.13千米、250千米的轨道高度完成超低轨道长期稳定飞行业务,最终到达200千米以下的轨道,突破太空极低轨道高度完成短期飞行业务。届时,它的最低轨道高度将接近航天器可以绕地球运行而不会坠落的极限。

从300千米起,卫星就进入了所谓的超低轨道。这是一片动力学环境极其复杂的空间:从500千米下降到300千米以下,大气密度会增加数千倍,空气阻力骤增。卫星还受到地球引力更强烈的“拉扯”,很容易失控坠入大气层。不仅如此,由于超低轨道空间中存在高浓度腐蚀性原子氧,还会导致卫星出现材料剥蚀、性能退化等现象。

“维持卫星在超低轨道上长期稳定运行,客观上存在很高的技术门槛。”赛思倍斯创始人、董事长郭世亮告诉记者,直到今天,在人类的航天活动走出太阳系、走向遥远深空的同时,这片离我们最近的空间依然是“人迹罕至”。

拿我国在轨的航天器来说,中国空间站的轨道高度是400千米,资源、高分、环境等卫星大部分运行在400~2000千米之间,再往高处,也有卫星运行在3.6万千米高空的地球同步轨道。但在超低轨道上,目前并没有飞行器长期驻留。

2020年,赛思倍斯在浙江成立,瞄准了超低轨道空天智能飞行器这条新赛道。记者了解到,除了这家科创企业以外,国内公布超低轨道卫星计划的只有中国航天科工集团,13日,他们宣布将在今年底完成首发星发射,在2030年前完成300颗通遥一体卫星的在轨组网运行。

在乾坤一号立项之初,国内没有完整地开展过超低轨道长期飞行试验,在构型设计、轨道维持和姿态控制等核心技术上,研发团队均进行了大量创新。

而这次发射的主要任务就是“验证”:四次大幅度降轨,尽可能地摸清超低轨道不同高度的空间环境特征,全方位验证卫星的飞行控制、平台能力等关键技术,为后续超低轨道空天智能飞行器的型谱化研制铺平道路。

比如,在超低轨道长时间运行,需要持续、高效的电推进系统进行长期轨道维持,这是乾坤一号完成飞行业务最重要的技术保障;环境动态变化剧烈,不确定因素极多,需要控制系统作出更加实时、精准的分析判断,对卫星高精度稳定度姿态控制技术也提出了极高的要求。

乾坤一号的外形也独具匠心:它的主体部分是长方形,但比传统卫星更加细长;两侧的太阳翼一共有三折,但展开后并不在一个水平面上,而是先下掠一定角度,让人联想到飞机的机翼。

郭世亮告诉记者,由于超低轨道环境更接近低层大气,乾坤一号的某些特征有着“航空器”的影子。“我们综合考虑了气动阻力、轨道动力、能源、任务载荷等方面的因素设计卫星的减阻构型,整整迭代了9次方案,确保卫星能在稳定运行的同时,节省星上的资源。”他说。

打个比方,如果说传统的卫星是在一条风和日丽的高速公路上行驶,超低轨道卫星就是驾驶着越野车,迎着风暴,在崎岖的道路上疾驰,风力、风向、路况还在不断变化,但仍要给“乘客”营造同样平稳的乘坐体验,完成载荷任务。

“从技术层面说,超低轨道技术对于飞行器空天一体、智能化水平的高要求,能够带动面向任务、场景的一系列创新,发展空间巨大,这也是超低轨道技术高难度中蕴含高价值的体现。”郭世亮说。

先到先得,抢占太空新空间

为什么这颗卫星要瞄准超低轨道空间?

“超低轨道空间是未来十年航天强国必争的战略资源,属于太空价值的制高点。这个领域做好了,民营航天企业照样可以成为国家战略科技力量。”郭世亮说。

低轨、大规模星座构建是当前卫星行业的发展趋势,但地球轨道空间的轨位和频率资源是有限且不可再生的。浙江大学航空航天学院教授么周石告诉记者,这个事实,在马斯克的太空探索技术公司(SpaceX)大规模部署近地轨道卫星的“星链”计划公布后,才逐渐引发了人们的危机意识。

根据国际电信联盟规定,卫星频率及轨道使用的规则是“先到先得”。已知300至1000千米左右的低轨道大约能够容纳5.8万卫星,而“星链”计划如果实现,最高将占据4.2万颗卫星的轨道位置,“星链”也在往更低处延伸,其二期申报的三个高度和倾角共7518颗卫星,轨道高度已低至335.9至345.6千米之间。

“整个航天行业的形态都会被颠覆。”么周石说,作为应对,中国2020

年推出了代号为“GW”的星座计划,计划发射的低轨卫星总数接近1.3万颗。但至此,如果算上已经在运行的卫星,以及一些停止工作但仍然飘荡在太空中的“死卫星”,低轨道空间的资源规划已经接近枯竭。

在这样的背景下,瞄准比“星链”更低的轨道,成为了争夺太空“通行证”的新突破口。

卫星在超低轨道飞行本身具有很多优势。根据测算,如果卫星从650千米的轨道高度降至160千米而保持稳定飞行,性能不变的前提下,雷达频率功率需求会降低64倍,通信频率功率需求会降低16倍,光学孔径直径需求会降低4倍。

这意味着,信息的传输效率将得到提高,卫星的载荷重量将大大减轻,同时还能降低研制和发射成本,使卫星更适合批量化生产、常态化发射。

世界范围内,超低轨道空间的高价值越来越受到航天力量的重视。欧空局在超低轨道卫星研究上的投入高达10亿多欧元,2009年,它们曾发射重力场和海洋环流探测卫星GOCE,在250~260千米的轨道上运行近5年后坠毁。

未来应用场景,仅受制于想象

乾坤一号搭载了可见光面阵相机和高光谱成像仪两款相机,采用同光轴的安置方式,用于验证超低轨道稳定成像技术,可以对地表同区域进行同时相观测。对于它来说,飞得更低,意味着看得更清楚,轨道半径更小,绕地一圈时间更短,对于同一区域动态变化的监测能力也更强。

在遥感领域,超低轨道卫星将大有可为。“一旦技术突破,超低轨道遥感卫星的分辨率可以做到比肩航空遥感无人机,达到0.1至0.2米。同时,它又可以在全球任意位置获取图像,对于获取同样的数据,卫星的成本可以降低到无人机的10%到20%。”郭世亮说。

当前,军事侦察、地质勘探、灾害预警等许多重要领域都依赖于卫星数据,但我国的卫星遥感应用普遍存在成本高、效率低、应用少等问题,难以保障重大行动对关键信息时效性的迫切需求。

郭世亮表示,超低轨道技术将对这些传统领域带来颠覆性的影响。“光是地理信息行业,国内产值就达到了7500亿。”他说,“但和一些高科技行业相比,它的人均产值还很低,高质量、高

价值的机会会带动整个产业的提升。”

其实,遥感、通信、导航,传统卫星的三大功能的载荷,超低轨道卫星都能承载。一旦不同功能的卫星实现组网,并与其他轨道的卫星互联,更将产生1+1>2的效果。

国家“十四五”规划《纲要》中提到,我国要在新阶段“建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施……打造全球覆盖、高效运行的通信、导航、遥感空间基础设施体系”。今年7月9日,我国成功将卫星互联网技术试验卫星发射升空,正式拉开了卫星互联网工程建设的序幕。

作为通信网络基础设施的代表之一,卫星互联网技术的优势是可以弥补地面基站盲点,实现地球各个角落网络信号的全覆盖。

么周石告诉记者,更长远的趋势是把地面系统、航空器,以及超低、低、中、高轨卫星全方位连接,形成空天地一体的综合网络。

在这样的基础设施体系中,超低轨道的角色是“承上启下”:一方面,它执行的任务可以与更高轨道的卫星形成互补,分担卫星系统的功能;另一方

面,由于距离很短,超低轨道卫星能以更低的成本、更安全、实时地将获取的数据传给航空器、临近空间飞行器、计算基础设施,如果传输回地面直接抵达用户,时延也将达到分钟级别。

这将打开怎样的应用场景?么周石向记者举例,空天地一体化后,对于物联网、车联网、自动驾驶、虚拟现实等对网络数据传输时延要求极高的生产生活领域,如果调用卫星系统,超低轨道将是最佳的选择。

“比如医疗物联网,想象在杭州的医生开了一刀,远在地球另一个角落的手术室里,一只机械臂能几乎同时落下,达到这样的效率,远程医疗才能成为可能。”他说。

是否会有更多新型业态出现?郭世亮表示,这是必然的趋势,技术进步带来的变革,仅受限于我们的想象力。

“这就像互联网、智能手机出现之前,我们绝对想象不到它会给社会带来如此深刻的改变。”郭世亮说,超低轨道技术的成功验证只是第一步,未来还要交给更多人去想象和创造,以实现各行各业的互利共赢。

瞄准赛道,浙江打造航天名片

这两周,浙江航天捷报频传,令人振奋。7月12日,由蓝箭航天空间科技股份有限公司自主研发、产于浙江的朱雀二号遥二液氧甲烷运载火箭成功发射入轨,同样创下世界之最。下一阶段,蓝箭航天还将在浙江开启核心产品的批量化生产进程。

赛思倍斯也已经在诸暨经济开发区(高新区)落成了空天智能制造基地,二期工程建成后,可实现年产200颗高分辨率遥感卫星的总装、集成与试验能力。未来,还将根据不同的应用需求拓展超低轨道卫星星座与组网应用,预计将在2024年开始发射建设超高分辨率遥感卫星及星座。

“浙江的创新创业环境非常吸引我。”谈到为何来到浙江创业,郭世亮表示,这是一件顺理成章的事。

一方面,诸暨市将航空航天产业列为重点发展的三大新兴产业之一,为企业落户提供了充分的政策支持,另一方面,赛思倍斯在浙江获得了主要投资,郭世亮还与浙江大学航空航天学院、地球科学学院的多位专家教授有长期紧密的合作。

在赛思倍斯的诸暨智能制造基地周围,航空航天产业生态初具,发展势头强劲。诸暨市现有航空航天企业40余家,涵盖卫星测控与研发制造、空天信息、芯片、传感器、光电、电子器件等多个领域,尤其是最近三年,已经引进总投资超过100亿元的数个重大项目。记者还了解到,此次参与乾坤一号任务保障工作的还有诸暨的另一家

企业——浙江天链航天科技有限公司。

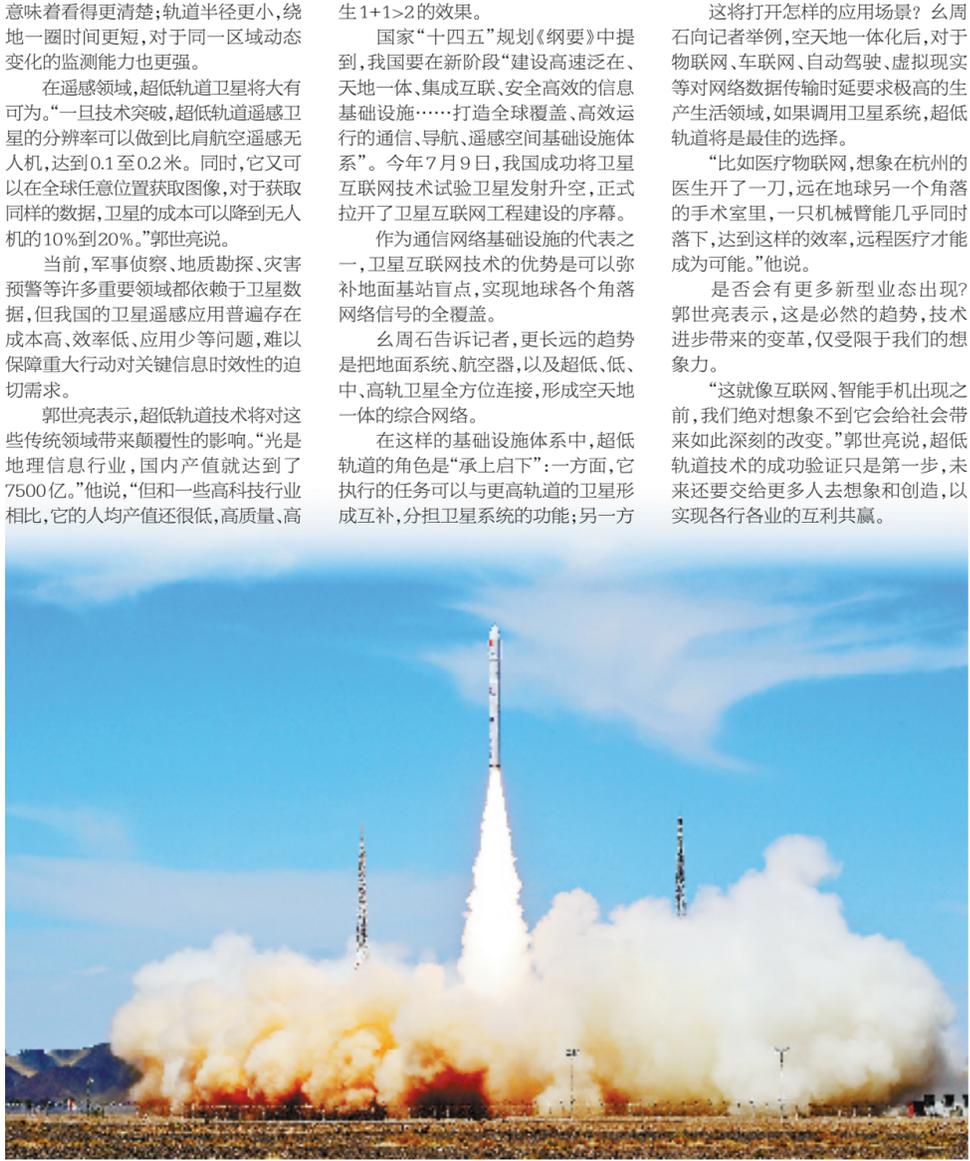
诸暨市科技城建管办相关负责人表示,在科研配套方面,诸暨市政府与浙大、浙大控股集团共同建设滨江实验室,目前已成立了微纳星群与信息

技术、智能无人系统、现代导航与感知技术等六个研究中心和三个公共平台。杭嘉湖,是浙江航空航天产业迅速集聚的另一个中心:蓝箭航天中心所在的嘉兴港区航空航天产业园,已引进多个亿元项目;今年5月,中国空间技术研究院杭州中心开工建设,将在浙江打造航天领域原创技术策源地和产业发展新平台。

顶层规划上,2021年,浙江发布航空航天产业发展“十四五”规划,提出培育发展商业航天,聚焦商业运载火箭、微小卫星、北斗应用等重点领域。今年,浙江在《关于培育发展未来产业的指导意见》中,将空天信息产业定为了优先发展的9个快速成长的未来产业之一。

么周石认为,虽然浙江的航天工业起步较晚,规模偏小,但随着更多民营航天的“领头羊”企业和重大项目落地浙江,将快速带动起航空航天全产业链的完善和提升,更可以结合浙江已有的大数据、互联网、人工智能等产业优势,创新商业模式,打造新的经济平台、经济增长引擎。

“尤其是超低轨道卫星是一条非常独特的赛道。”么周石说,“瞄准这个领域,浙江有望再打造出一张自己的航天名片。”



搭载乾坤一号的谷神星一号遥六运载火箭发射升空。

拍友 汪江波 摄



乾坤一号整星装配完成后进行装箱,准备转运至测试场地。

受访者供图

深一度 太空探索迎来新变局

联合国不久前发布题为《为了全人类——外层空间治理的未来》的报告认为,一个太空探索的新时代正快速来临,过去10年太空探索领域的一系列重大变化,堪称“根本性”“革命性”,其中三大变化特别突出。

首先是发射入轨航天器数量剧增。1957年到2012年,全球发射的卫星数量基本保持在每年约150颗。但从2013年开始急剧增加,当年210颗,2020年达1200颗,2022年高达2470颗。这主要受私营部门发射小卫星网络所驱动,与可重复使用的火箭、卫星制造新技术以及成本大幅下降等息息相关。

其次是私营企业参与增多,发射任务数量也快速增加。美国企业实力最雄厚,但中国创立了很多新的商业航

空企业,发展步伐不断加快,印度和日本也出现类似情况。根据有关统计,全球航天市场规模2022年为4240亿美元,到2030年预计增至7370亿美元。

三是载人深空探测酝酿重振。美国阿波罗计划结束至今,人类未再涉足深空。但这种局面预计将改观。美国航天局计划2024年开展载人绕月飞行测试,美国太空探索技术公司此前也曾宣布,打算利用其“星舟”重型运载火箭运送多位艺术家进行私人绕月飞行之旅。美国“阿耳忒弥斯”新登月计划未来一二十年打算持续实施载人深空任务。

中国也计划实施载人月球探测任务。(据新华社)

