

嫦娥五号“挖土”归来

实现我国航天史上多个重大突破

北京时间12月17日1时59分,探月工程嫦娥五号返回器携带月球样品,在内蒙古四子王旗预定区域成功着陆,标志着我国首次地外天体采样返回任务圆满完成。

凌晨1时许,北京航天飞行控制中心通过地面测控站向嫦娥五号轨道器和返回器组合体注入高精度导航参数。此后,轨道器与返回器在距南大西洋海平面高约5000公里处正常解锁分离,轨道器按计划完成规避机动。

凌晨1时33分,嫦娥五号返回器在距地面高度约120公里处,以接近第二宇宙速度(约为11.2千米/秒)高速进入地球大气层,实施初次气动减速。下降至预定高度后,返回器向上跃出大气层,到达最高点后开始滑行下降。之后,返回器再次进入大气层,实施二次气动减速。在降至距地面约10公里高度时,返回器打开降落伞完成最后减速并保持姿态稳定,随后在预定区域平稳着陆。负责搜索回收任务的测控

与回收系统技术人员及时发现目标,有序开展回收工作。

按计划,回收后的嫦娥五号返回器在完成必要的地面处理工作后,将空运至北京开舱,取出样品容器及搭载物。国家航天局将择机举行交接仪式,正式向地面应用系统移交月球样品,我国首次地外天体样品储存、分析和研究相关工作也将随之启动。

国家航天局专家表示,嫦娥五号探测器在一次任务中,连续实现我国航天史上首次月面采样、月面起飞、月球轨道交会对接、带样返回等多个重大突破,为我国探月工程“绕、落、回”三步走发展规划画上了圆满句号。同时,嫦娥五号任务作为我国复杂度最高、技术跨度最大的航天系统工程,成功实现了多方面技术创新、突破了一系列关键技术,对于我国提升航天技术水平、完善探月工程体系、开展月球科学研究、组织后续月球及星际探测任务,具有承前启后、里程碑式的重要意义。



12月17日凌晨,嫦娥五号返回器在内蒙古四子王旗预定区域安全着陆。

突破

太空“邮差”成就嫦五探月之旅

回过头看,贯穿任务全过程的一个核心器件就是由中国航天科技集团八院研制的轨道器。它是最忠实的太空“邮差”——在相距38万公里的地球和月球之间,构建起一条太空“物流”的特殊通道,将珍贵的月壤投送回地球。针对整个任务飞行状态多、器间接口多、工作模式多、技术攻关难、地面验证难等特点,研制团队突破了四项关键技术。

一、多点高强度分离螺母实现高可靠连接分离

嫦娥五号探测器由轨道器、返回器、着陆器、上升器4个部分组合而成,多器分工合作的状态造就了探测器在太空中不断“分离-组合-再分离-再组合”的变形过程,这在我国的航天器中绝无仅有。

而轨道器就拥有5个分离面。轨道器摒弃了传统的舱段间包带连接方式,创新采用多点高强度分离螺母进行连接,通过在各分离面配置不同数量的分离螺母,满足舱段间连接强度与刚度要求。同时双动作分离螺母包含两套解锁机构,其中任意一套动作就能确保分离面每一个分离点的可靠分离。连接稳固、分离可靠的连接解锁与分离关键技术,成就了嫦娥五号的探月之旅。

二、抱爪、棘爪机构设计确保对接精度达到毫米级

嫦娥五号探测器在对接机构中的运动位置精度和对中性是影响样品容器转移的关键,对接精度要求达到毫米级。

为了解决这一难题,八院科研人员创造性地研制出了抱



12月17日,工作人员在北京航天飞行控制中心嫦娥五号任务飞控现场庆祝。

爪式对接机构,配合采用棘爪式转移机构,在自动无人交会对接的同时实现样品容器的自动转移,这一世界首创的技术,确保了嫦娥探月采样任务的完成。在此基础上,研制团队还构建了整机特性测试台、性能测试台、综合测试台、热真空试验台四大世界一流的测试系统,充分验证对接与样品转移机构地面测试的有效性。

三、结构轻承载重实现“鸡蛋壳上挂秤砣”

为了做到身材比例的完美,轨道器首次使用大承载复杂构型轻量化结构、多次分离复杂构型、多冗余路径复合传

力结构、大承载复合材料一体成型插层变厚度承力球冠技术等七项新技术,结构质量比达到9.6%,真正做到了效能最优。仅仅46公斤的承力球冠能够承载3吨的贮箱,具备30吨的极限承载能力,真正做到了“鸡蛋壳上挂秤砣”。

四、分区域管理,使软件跑得稳、信号传得好

轨道器采用分舱段设计,各舱段都有对应的配电管理、热控管理、信息管理需求,如果按照传统的模式进行整器电气设计,需要大量的跨舱段电缆进行信息交互,对轨道器的重量设计、分离面设计、电缆网设计以及整器总装造成负担。为此,研制团队创新提出了分区域管理的分布式综合电子单机设计思路,通过区域划分和整体布局,最大限度地减少穿舱电缆与舱段内硬线连接。同时,团队还创新提出整器电气管理的区域化、标准化、模块化设计思路,通过制定一系列标准规范,使综合电子系统做到从内到外整齐标准,灵活组装易于拓展,跑得稳软件,传得好信号,点得起火工品,控得住机构。

新闻背景

嫦娥五号探测器于11月24日在中国文昌航天发射场发射升空并进入地月转移轨道。探测器实施2次轨道修正、2次近月制动,顺利进入环月圆轨道。

此后,探测器经历组合体分离、环月降轨及动力下降,着陆器和上升器组合体于12月1日在月球正面预选区域着陆

并开展采样工作。12月3日,上升器点火起飞、精准入轨,于12月6日完成与轨道器和返回器组合体之间的交会对接及样品转移,此后按计划分离并受控落月。12月12日至16日,轨道器和返回器组合体在完成2次月地转移入射、2次轨道修正后,返回器于12月17日与轨道器分离并重返地球。

揭秘

返回器如何回家

1 太空“打水漂”实现减速

中国的这个“太空水漂”,术语叫“半弹道跳跃式返回”,即在返回器第一次进入大气层一定“深度”并滑行一定距离后,调整返回器姿态,使其再次升高,随着返回器的升高,其速度会进一步降低,在降到第一宇宙速度以下时返回器便不再满足成为一颗地球卫星的基本条件,再次开始下落,然后以类似神舟飞船的返回过程返回地球,后面的“回家”方式就轻车熟路了。

为什么要采用这种“打水漂”的形式回家呢?返回器从月球归来的速度是高达每秒11.2公里的第二宇宙速度,而一般从近地轨道返回的航天器速度大多为每秒7.9公里的第

一宇宙速度。可别小看了这每秒3公里多的差距,航天器如果以过高的速度进入大气层,摩擦产生的剧烈高温将带来极大风险,因此必须解决“减速”问题。

“返回器先是高速进入大气层,再借助大气层提供的升力跃出大气层,然后以第一宇宙速度扎入大气层,返回地面,整个过程环环相扣,在15分钟内完成。”嫦娥五号探测器总体主任设计师孟占峰说。这短短15分钟的旅行,凝结了设计师们无数的心血,一次次分析、一次次计算、一次次论证、一次次试验……最终成就了太空中精彩的跳跃,为探测器安全顺利返回打下了基础。

2 穿“贴心防热衣”降温

返回器回家途中的另一个“拦路虎”就是高温。如何防热、怎么对抗烧蚀,成为必须攻克的难关。因为运载承载能力的约束,返回器的质量受到严格限制。科研人员在设计过程中不仅需要新型低密度防热材料,还需要对返回器结构本身采用轻量化的设计。

为此,总体设计部防热结构设计团队为探测器巧妙设计了一件“贴心防热衣”。首先,针对月球轨道返回热环境、空间环境和重量的要求,提出了不同部位耐烧蚀和隔热的具体需求与指标,从33种新材料中筛选出了7种防热材料,完成了防热材料的布局和局部防热结构设计,实现了我国由近地轨道再

入到深空轨道的防热结构设计跨越;其次,科研人员提出了三维传热烧蚀分析方法,采用整体变厚度、变密度,分区域、偏轴设计方案,突破了轻量化设计关键技术,并利用一维烧蚀分析和三维温度场分析相结合的数值分析方法,实现了用全面的局部烧蚀试验代替整器烧蚀试验,为试验任务的成功奠定了基础。

从防热结构设计、防热材料成型工艺研究、焊接工艺研究,到工程样机、结构器、热控器、专项试验验证器、正样器……嫦娥五号探测器的防热“霓裳羽衣”精心“缝制”而成,成为其安全顺利返回地球家园的保证。

据《北京日报》

