

# 带着月球“土特产” 嫦娥五号回家了

至此,中国探月工程已是六战六捷



12月17日凌晨,嫦娥五号返回器携带月球样品,采用半弹道跳跃方式再入返回,在内蒙古四子王旗预定区域安全着陆。

随着嫦娥五号返回器圆满完成月球“挖土”,带着月球“土特产”顺利回家,北京航天飞行控制中心嫦娥五号任务飞控现场旋即成为一片欢乐的海洋,大家纷纷欢呼、拥抱,互致祝贺。

探月工程总指挥、国家航天局局长张克俭宣布:“探月工程嫦娥五号任务取得圆满成功!”

历经23天,嫦娥五号闯过地月转移、近月制动、环月飞行、月面着陆、自动采样、月面起飞、月轨交会对接、再入返回等多个难关,成功携带月球样品返回地球,完成了这次意义非凡的太空之旅。

## 怎样在大气层表面“打水漂”

“嫦娥五姑娘”回来了!不过,荣耀归来的道路并非坦途。你可知道嫦娥五号回家迈过了几道坎?

它的“娘家”——中国航天科技集团五院向记者进行了介绍。

与几位“姐姐”相比,嫦娥五号拿到的是一张地月旅行“往返票”。

这张票弥足珍贵。此前,全世界只有美国、苏联的航天器,以及我国的嫦娥五号再入返回飞行试验器实现过绕月再入返回。

资料显示,国外再入航天器共有3类:弹道式再入航天器、弹道—升力式再入航天器和升力式再入航天器。

而中国探月工程则采用了一种全新的再入方式——半弹道跳跃式再入返回。

近地轨道航天器再入返回大气层时,速度通常为每秒约7.9公里的第一宇宙速度。而嫦娥五号从月球风驰电掣般向地球飞来,速度接近每秒11.2公里的第二宇宙速度。

每秒3公里多的速度差,带来的力道大不相同。假如嫦娥五号冲劲过猛,一头撞向地球,整个任务都将前功尽弃。

要避免这种风险,首先要解决速度的问题。

这是一个世界级难题。科研人员在反复学习和研究美、苏经验的基础上,结合我国航天器实际情况,决定借助地球大气层这个航天器再入返回的天然屏障。

他们提出了一个大胆的方案——半弹道跳跃式再入返回。

“就像在太空中打水漂一样,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,然后再以第一宇宙速度扎入大气层,返回地面,整个过程环环相扣。”五院嫦娥五号探测器总体主任设计师孟占峰介绍说。

## 返回气动设计比神舟飞船更复杂

嫦娥五号能否成功打出一个漂亮的“水漂”,关键在于气动技术研究工作的全面性和正确性。

五院总体部设计师李齐介绍,相比近地轨道航天器返回,嫦娥五号面临的气动问题更加复杂,再入热环境条件更为严酷,对气动数据的精准度要求更为苛刻。

首先,高速再入会导致复杂流动效应

影响增大,各种复杂流动效应将对返回器气动、热特性产生巨大影响。

其次,由于跳跃式再入,烧蚀、燃料消耗等各种因素,使得二次再入地球大气的外形适应不确定性增加。

第三,由于轻量化要求,嫦娥五号返回器尺寸比国内外任何一种半弹道式再入飞行器都要小很多。尺寸的减小、质量的降低,可能导致返回器飞行稳定性下降,对气动特性预估准确度等方面提出了更高要求。

此外,相比返回式卫星和神舟飞船返回舱,本次任务中返回器面临的热环境要恶劣得多。由于高温效应,必须要考虑高温辐射加热影响,而这是近地轨道航天器分析再入热环境时不需要考虑的。

面对重重考验,五院总体部气动团队开展关键技术攻关,从国内外同类返回飞行器的气动研究成果中汲取经验,同时积极向院内外系统专家请教,终于准确把握了返回器气动研究工作难点和关键点,制定了全面详细的气动研究大纲。

要想突破半弹道跳跃式高速再入返回技术,气动设计、分析与验证必须解决外形、质心和数据三大需求。气动团队携手多个国内专业气动单位,开展了30余项研究工作,计算/试验状态超过20000个,逐步确定了返回器气动外形、配平质心盒、气动标称数据库及其偏差范围,为相关分系统设计、仿真和试验提供了可靠的数据输入。

最终,他们完成了相关研究,提出了适用于轻小型跳跃式高速再入返回器的气动外形设计方法、基于时变估计偏差的配平质心盒设计方法,以及适用于高速再入返回器的气动力偏差计算方法,完成了适用于第二宇宙速度再入的高空跨流域气动特性计算方法研究等;同时突破了多项关键技术,填补了多项国内空白,并在探月三期再入返回飞行试验器任务中得到了有效验证,为嫦娥五号任务圆满成功立下了汗马功劳。

## 又要隔热又要散热怎么解?

高温是嫦娥五号返回途中的另一道难关。

如果你见过神舟飞船返回舱,一定

会对它那乌黑的外表印象深刻,这是被大气层剧烈摩擦产生的高温烧灼而成的。

而嫦娥五号遇到的温度将会更高。五院嫦娥五号探测器结构分系统主任设计师董彦芝介绍说,如果返回器再入的速度提高一倍,再入热量将提高8至9倍。

如此高温一旦进入返回器内部,后果将不堪设想。防热成为必须攻克的难题。

由于要保证运载承载能力,嫦娥五号返回器的质量受到了严格限制。不仅要求返回器结构本身采用轻量化设计,还需要采用新型低密度防热材料。

为此,五院总体部防热结构设计团队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种新研材料中筛选出了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,实现了我国防热结构设计由近地轨道再入到深空轨道再入的跨越。

同时他们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,实现了用局部烧蚀试验代替整器烧蚀试验,为任务成功奠定了基础。

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……设计团队为嫦娥五号精心“缝制”了一件“贴心防热衣”,成为它安全顺利返回家园的生命保证。

在返回大气层对抗烧蚀环境之前,嫦娥五号在飞行过程中还有大热耗散热需求。隔热与散热,听起来几乎是不可调和的矛盾。

然而五院总体部热控设计师们攻克了异构式环路热管热控技术,相当于给返回器增加了可调节热导的“热开关”,有效解决了返回器再入大气前的大热耗散热、热导调节和再入过程中热阻断的难题。

太空飞行期间,嫦娥五号还面临着温差高达数百度的宇宙环境。五院嫦娥五号探测器热控分系统主任设计师宁献文介绍,为了让嫦娥五号舒适地飞行,热控人员根据受热要求为它设计了薄厚不一的“金衣银饰”,通过寻找最冷最热点,优化热控策略,确保器内温度稳定而平均。

## 相关链接:中国探月,六战六捷!

嫦娥五号返回舱按照预定方案,翩然降落在内蒙古四子王旗着陆场。这是中国航天创造的又一壮举。至此,中国探月工程已是六战六捷。

“嫦娥奔月”的神话故事,几千年来埋在每一个中国人心底,如今,“欲上青天揽明月”的梦想已经变成中国科学探索的事实。

2007年10月24日  
嫦娥一号成功发射,踏实迈出了中国深空探测的第一步。作为“绕”的尝试,它隔着200公里的距离观察月球。

2010年10月1日  
嫦娥二号成功发射,承担了验证技术、深化月球科学探测的使命。作为探月工程二期的先导星,它不仅为落月探测验证了部分关键技术,而且超额完成多次拓展任务,为后续任务提供了支持。

2013年12月14日  
嫦娥三号成功落月,实现了我国航天器首次地外天体软着陆,迈出了我国探月工程三步走中承前启后的关键一步。

2014年11月1日  
嫦娥五号作为嫦娥五号的“探路先锋”,完成了地球轨道以外航天器高速再入大气层的返回试验验证。

2019年1月3日  
嫦娥四号在中继星“鹊桥”的帮助下成功踏足月球背面,对这块“处女地”展开了人类的第一次探索和挖掘。

时至今日  
嫦娥五号圆满完成任务,携带月球样品顺利返回地球,既是探月工程“绕、落、回”完美收官,也是为下一步追逐梦想筑牢固基。综合新华网消息