

嫦娥五号上升器与轨道器返回器组合体交会对接画面。

我国首次实现月球轨道交会对接

嫦娥五号完成在轨样品转移

新华社北京12月6日电（记者胡喆）记者从国家航天局获悉，12月6日5时42分，嫦娥五号上升器成功与轨道器返回器组合体交会对接，并于6时12分将月球样品容器安全转移至返回器中。这是我国航天器首次实现月球轨道交会对接。

专家介绍，从上升器进入环月飞行轨道开始，通过远程导引和近程自主控制，轨道器返回器组合体逐步靠近上升器，以抱爪的方式捕获上升器，完成交会对接。后续，嫦娥五号轨道器返回器组合体将与上升器分离，择机返回地球。

完美的**拥抱** ——揭秘嫦娥五号交会对接背后的故事

12月6日凌晨，嫦娥五号上升器成功与轨道器返回器组合体交会对接，并将月球样品容器安全转移至返回器中。这是我国航天器首次实现月球轨道交会对接。其中，通过远程导引和近程自主控制，轨道器返回器组合体逐步靠近上升器，以抱爪的方式捕获上升器，完成交会对接。那么，什么是“抱爪方式”？此次交会对接又有哪些看点？

A | 设计理念世界首创

“抱爪机构具有重量轻、捕获可靠、结构简单、对接精度高等优点。因此，我们在嫦娥五号上采用了抱爪式对接机构，通过增加连杆棘爪式转移机构，实现了对接与自动转移功能的一体化，这些设计理念都是世界首创。”中国航天科技集团八院嫦娥五号探测器副总指挥张玉花说。

中国航天科技集团八院嫦娥五号轨道器技术副总负责人胡震宇介绍，探测器采用的对接机构就是由3套K形抱爪构成的，当上升器靠近时，只要对准连接面上的3根连杆，将抱

爪收紧，就可以实现两器的紧密连接。

捕获、收拢、转移，看似简单的过程，但在38万公里之外高速运行的飞行器上实现却没有那么简单。

“月球轨道相对于地球轨道有时延，时间走廊较小，这就对时效性要求非常高，必须一气呵成完成对接与转移任务。”中国航天科技集团八院对接机构与样品转移分系统技术负责人刘仲解释。

B | “对接助手”可靠给力

此次，由中国航天科工集团二院25所研制的嫦娥五号交会对接微波雷达，作为中远距离测量的“助手”，成功引导完成了嫦娥五号的交会对接任务。

微波雷达是一组对产品，由雷达主机和应答机组成，分别安装在嫦娥五号的轨道器和上升器上。当轨道器、上升器相距约100公里时，微波雷达开始工作，不断为导航控制分系统提供两航天器之间的相对运动参数，并进行双向通信，两航天器根据雷达信号调整飞行姿态，直至轨道器上的对接机构捕获、锁定上升器。随后，上升器中的月壤样品转移至返回器中。交会对接微波雷达总工程师孙武介绍，此前的任务中，我国航天器在近

地轨道进行过多次交会对接，都应用了该微波雷达，优异的表现证明，我国已经成功掌握交会对接技术。但不同的是，这次交会对接是在38万公里之外的月球轨道，难度更大。

“与近地轨道相比，月球轨道环境更复杂，要克服月球引力影响，所以自动交会对接对微波雷达提出的要求极为苛刻。为此，研制团队攻克了一系列关键技术。”孙武说。

此外，装有对接用应答机的上升器在落月时难免形成扬尘，这些肉眼不可见的干扰将会严重影响测角精度。为此，设计师们在应答机上安装了特殊材料制成的防尘罩，“就像戴上了护目镜，嫦娥的‘千里眼’就不会变成近视眼。”25所设计师纪博说。

C | 减轻每一克重量都意义重大

事实上，25所研制团队为这次交会对接打造的微波雷达，不仅是“千里眼”，更是“顺风耳”，升级后的它更小巧、更强大、更可靠。

微波雷达在保证交会对接测量“本职工作”的同时，还开发了航天器之间双向空空通信的“第二职业”，从雷达与应答机之间“一问一答”的传输方式，升级至轨道器与上升器之间的“沟通对话”，实现了遥控指令和遥测参数的双向传输。

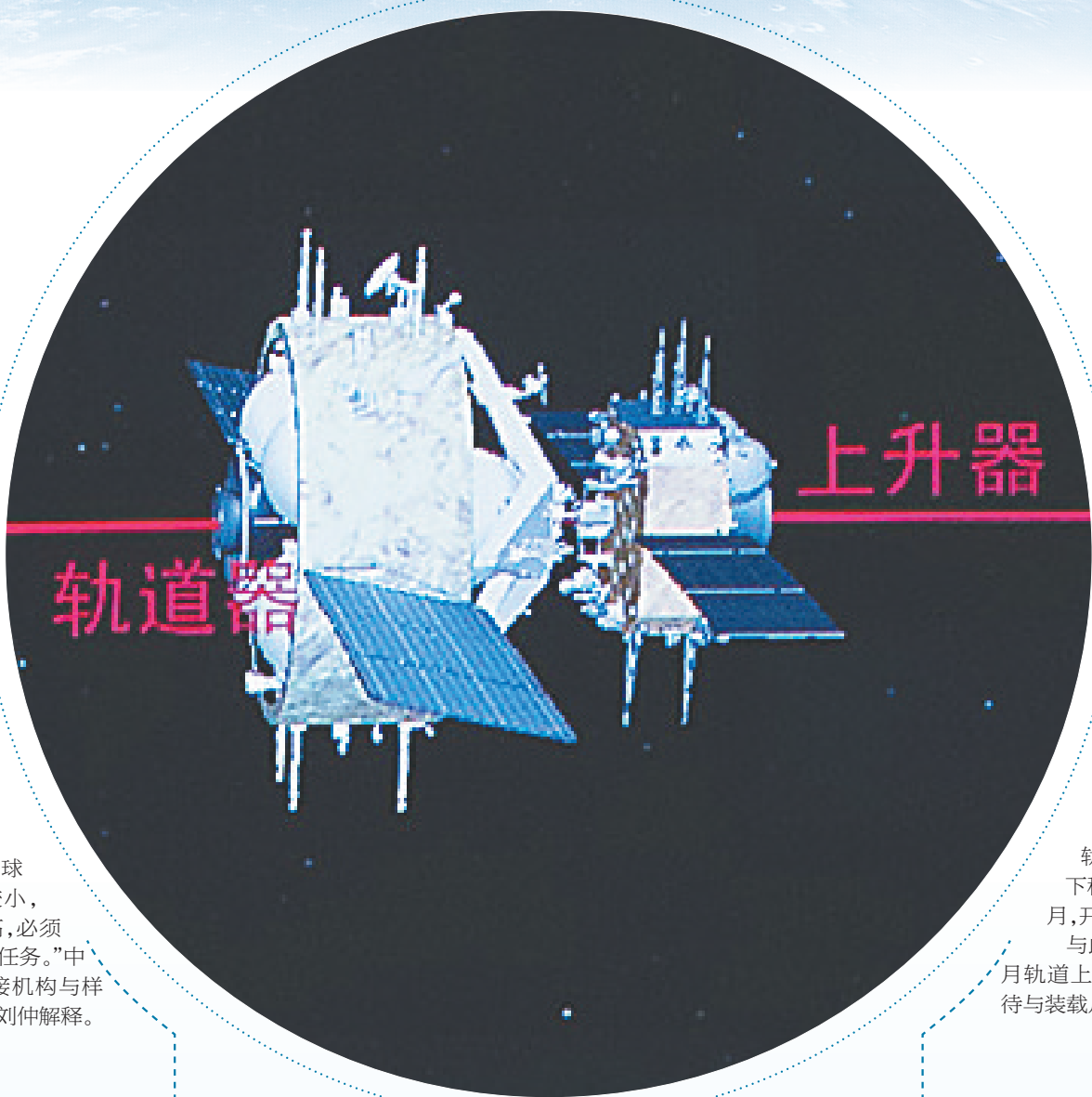
“以前就像老师上课点名，雷达发消息，应答机答到。现在，它们还要负责上升器和轨道器之间的信息传递。”微波雷达项目主任设计师贺中琴说。

同时，在此前交会对接微波雷达已经实现减重一半的基础上，这次又进一步开展了轻量化改进。“每一克重量的减轻，对嫦娥五号任务的意义都是重大的。”孙武说。

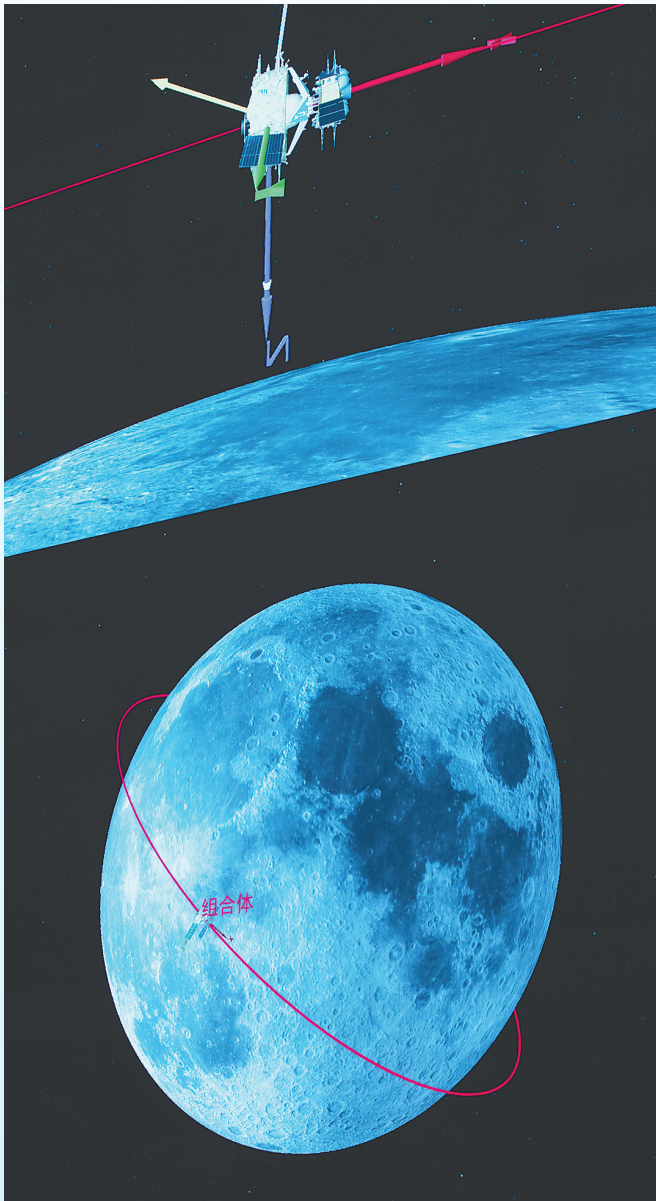
（据新华社北京12月6日电 记者胡喆）



12月6日，航天科技人员在北京航天飞行控制中心指挥大厅监测嫦娥五号上升器与轨道器返回器组合体交会对接情况。



嫦娥五号上升器与轨道器返回器组合体交会对接瞬间。



这是12月6日在北京航天飞行控制中心指挥大厅拍摄的嫦娥五号上升器在轨将月球样品容器转移至返回器画面。（本版图片均由新华社发）

“胖小伙”如何追上“小姑娘”？

12月6日5时42分，嫦娥五号上升器成功与轨道器和返回器组合体交会对接，并于6时12分将样品容器安全转移至返回器中。这是我国首次实现月球轨道交会对接，也是跨越38万公里的首次“太空牵手”。

在环月轨道运行的嫦娥五号轨道器和返回器组合体，体重达2.3吨左右，如何和体重仅有400公斤左右的上升器成功“牵手”？来看嫦娥五号探测器的专属秘籍。

最紧要的是耐心——等待

12月1日，嫦娥五号着陆器和上升器组合体（以下称着上组合体），与轨道器和返回器组合体（以下称轨返组合体）分离，顺利落月，开展“挖土”和封装工作。与此同时，轨返组合体则在环月轨道上继续飞行，安静、耐心地等待与装载月壤的上升器再次见面。

重达2.3吨的小胖子——轨返组合体一边数着星星，一边算着与上升器再次见面的日子，在两天时间内完成4次调相控制，在月球圆形轨道上“哼哧哼哧”地完成长跑。

胖小伙很有耐心，在与上升器再次见面前，做好最充分的准备，力争以最帅气的姿态等待上升器的到来。

最巧妙的是沟通——灵犀

体重有800公斤左右的小姑娘——上升器在上升过程中成功“瘦身”到400公斤左右，以更苗条的身姿冲入环月椭圆轨道。

小姑娘通过与轨返组合体之间巧妙的沟通方式——远程导引，进行四次轨道控制，进入环月圆轨道上，在预定的交

班点，停留在轨返组合体前方50公里处。在进入交班点后的4个小时，轨返组合体就开始用更加亲近的沟通的方式——近程导引与上升器进行沟通，双方通过自己携带的敏感器，即微波雷达互换信息，轨返组合体开始主动向上升器靠近。

最需要的是心态——冷静

看到心仪的对象出现时，小胖子——轨返组合体有些激动，但仍竭力让自己冷静下来，分步骤、分阶段地向上升器靠拢。

轨返组合体为自己设置了四个停泊点，分别来观察自己与上升器的

姿态和状态，是否一切是按照预期方案进行，50公里、5公里、1公里、100米，每一次停泊观察，都是对最终靠近时间和地点的精确把握。

越到最后，轨返组合体反而更加冷静，飞快进行精准计算和调整。

最重要的是积累——实力

小胖子能有如今冷静精准的判断，来源于中国航天在交会对接方面的深厚积累。

而这一次，嫦娥五号轨返组合体要在距离地球38万公里的环月轨道上“追逐”上升器，这就对控制系统提出了更高的要求，轨道返回组合体要能够适应更大的偏差，在没有任何干预的情况下全自主地做出向“心仪对象”靠近的各个决策，这不仅是国内首次，也是国际首次。

控交会对接……这些都标志着我国近地轨道交会对接技术的成熟。

而这一次，嫦娥五号轨返组合体要在距离地球38万公里的环月轨道上“追逐”上升器，这就对控制系统提出了更高的要求，轨道返回组合体要能够适应更大的偏差，在没有任何干预的情况下全自主地做出向“心仪对象”靠近的各个决策，这不仅是国内首次，也是国际首次。

最牢靠的是细节——细致

载人飞船与空间站交会对接，是在近地轨道上采用撞击式的方法完成，此次小胖子却要采用更加浪漫的方式，与上升器“牵手”对接。

轨返组合体重达2.3吨，在运行过程中稍有不慎就会将身姿轻盈的上升器“撞飞”，这需要小胖子对于速度、位置都有极为细致的把握，对微重力环境、热环境等有极为细心的考虑，用极高的控制精度来保证任务的完成。

五院专家表示，不仅交会对接的过程精巧细致，交会对接的产品设计也极为精密。

对各分系统的设计精度、装配精度和制造精度提出了更高的要求，装配精度要达到毫米级，制造精度要达到微米级。

为此，五院总体设计部研制团队要攻克装配环节多、精度测量难、精度调整要求高等难关。仅以样品舱的舱盖为例，产品经历了总体设计部机构分系统团队的8年打磨，堪称嫦娥五号探测器的“终极藏宝箱”。

现在，两吨多重的胖小伙已经追上了心仪的小姑娘。后续，让我们一起期待嫦娥五号探测器携带月球“土特产”重新回到地球的怀抱。

（来源：中国青年报客户端）