

嫦娥四号创造历史,探测器首次在月球背面成功软着陆,传回世界首张近距离拍摄的月背影像图

# 有着“白皙”“厚脸皮”的月背之谜——揭开

## 月球背面究竟长成啥样

### 是张麻子脸:陨石坑多,布满沟壑峡谷悬崖

从昨天嫦娥四号传回的首张近距离月背图来看,月背长相确实不咋样。

用嫦娥四号副总指挥兼副总师张玉花的话来说,月球背面这张“面孔”更像一张“麻子脸”,陨石坑的数量比月球正面要多,放眼望去随处可见,密密麻麻。月背“皱纹”也多,布满沟壑、峡谷和悬崖,而月球正面相对平坦得多。另外还有几处巨大的“痤疮”,暗斑中的物质与月面的普通物质相比有很大的不同,这种现象似乎能说明月球背面由于毫无遮挡地暴露在太空里,遭遇了大量天体的直接撞击。经年累月,月球就像一个盾牌,为地球挡住了陨石,守护地球安全。

月球背面还是个“厚脸皮”,它的月亮从整体来讲比正面厚。究竟是什么导致月亮厚度不一样,众说纷纭。不过,“厚脸皮”为月球背面的“白皙”提供了佐证。照片显示,月球背面巨大的陨石坑都呈现出白色,好像从来没有暗色的熔岩从上面流过。科学家认为,由于月球背面的月亮很厚,熔岩无法溢出,所以颜色比正面“白皙”。正面月亮很薄,熔岩很容易破缝流淌在表面。此外,月球正面月海很多,而月球背面却只有3个,它们的名字分别叫东海、莫斯科海和智海。月球正面有许多巨大绵延起伏的山峦,背面却不像正面那么多。

## 月背、地球通信如何实现

### 架地月“鹊桥”:进行信息数据“中继”交换

随着嫦娥四号在月球背面成功软着陆,我国也成为世界上首个建立月背与地球中继通信的国家。

深空探测任务中难度最大的就是如何确保远距离数据通信链路的可靠建立,实现航天器和地面的实时通信联络,这也是世界各国都在致力解决的深空探测关键技术。嫦娥四号探测器要到月球背面安家落户,首先遇到的就是它与地球不仅相隔遥远的地月距离,而且还要隔着通信信号无法穿透的月球球体。

“鹊桥”是较为完美的解决方案。2018年4月24日,中继卫星被正式命名为“鹊桥”。“鹊桥”不大,重量才约448公斤,卫星本体横向尺寸1.4米×1.4米,高度850毫米,加上天线是3米多。

由于嫦娥四号要在月球背面靠近南极一个叫冯·卡门撞击坑的地方软着陆,科技人员决定把“鹊桥”架在“地月系统拉格朗日L2点”上,这个位置处于地球和月球两点连线的延长线上,且在较小的天体也就是月球一侧,在这个位置“鹊桥”既可以看到地球,又可以看到月球背面,因此,可以同时与地球和月球背面进行信息和数据交换,完成“中继”任务。

如果中继卫星“守”在地月拉格朗日L2点不动,由于受月球遮挡,仍然“看不见”地球。所以,设计师为其设计了Z向振幅约1.3万千米,绕地月拉格朗日L2点的Halo轨道。“鹊桥”在这一轨道上做拟周期运动,既能“看见”地球,又能“看见”月球,可以同时与地球和月球背面进行信息和数据交换,通过定期轨道控制来保持轨道的稳定性,实现对嫦娥四号着陆器和巡视器的中继通信覆盖。

“鹊桥”首战成功,后面还将面临更重的任务,为两器分离、互拍以及巡视器探测提供通信支持。

除了搭建通信桥梁,“鹊桥”还尝试为空间科学试验“牵线”,激光测距试验是其一。目前,人类历史上最远距离的激光测距试验是依据1969年阿波罗11号在月球上放置的一套激光测距反射镜阵列进行。如今,在距离地球40多万公里的地月拉格朗日L2点附近,“鹊桥”将尝试把远距离激光测距的纪录再度延伸。“鹊桥”上还搭载了浙江大学研制的两台相机,用来拍摄天线展开的过程,若幸运,人们还会看到其拍摄的地月彩色合影。

## 一吨重嫦娥四号如何软着陆

### 四条着陆腿:“大脚掌”确保不会“闪着腰”

从距离月面几十公里的高度一直到着陆月面,嫦娥四号如何才不会“闪着腰”?

面对体重超过一吨的嫦娥四号,为实现软着陆,中国航天科技人员在着陆器上安装了反推发动机。但能否经受住最后“一落”,着陆器的四条腿至关重要。这四条腿学名叫“着陆缓冲机构”。它能利用缓冲功能,将嫦娥四号着陆月面瞬间所产生的冲击力有效吸收,防止巨大的冲击力对嫦娥四号安装的重要仪器设备造成损伤。

为确保良好的缓冲,科研人员为四条腿配备了两个秘密武器。一个是“大脚掌”,这是与月球表面直接接触的部位,它长得和人的脚掌完全不一样,是圆的,看上去像个大盘。说它很大,是因为它的直径差不多是普通人脚长的两倍。为什么要设计成盆状呢?这种盆状结构可以更好地防止嫦娥四号着陆月面时摔倒。

为了让这个大脚掌足够强壮,内部使用了长得像蜂窝一样的材料,在中央还埋藏着一个长得特别特别的金属结构,像足弓一样,能将冲击力有效分散。在这个“足弓”内部还填充有更致密的缓冲材料,起到更好的缓冲作用。

第二个秘密武器就是主腿和副腿。每条着陆腿都包含一个主腿和两个副腿。两种腿各司其职。在着陆前,副腿推着主腿向外侧展开到规定角度并锁定,然后主腿就负责在着陆时安全地支撑住嫦娥四号,将各种冲击力传递、吸收。副腿也会辅助主腿缓冲巨大的冲击力,并使落月更稳定、安全。

月球很轻,要想飞得更快,体重要尽可能轻。为了减重,主腿和副腿的外壳是又长又薄的圆筒,为了确保圆筒强度,设计师优选了一种强度很高的铝合金材料,但这种材料加工时十分容易变形,越细、越长、越薄的圆筒就越难加工。

■本报记者 刘锐

人类月球探测开启新篇章!记者从国家航天局获悉,昨天10时26分,嫦娥四号探测器成功着陆在月球背面东经177.6度、南纬45.5度附近的预选着陆区,并通过“鹊桥”中继星传回世界第一张近距离拍摄的月背影像图。这次任务实现了人类探测器首次在月背软着陆和首次月背与地球的中继通信。

此外,嫦娥四号任务月球车全球征名活动于昨天揭晓,月球车(巡视器)命名为“玉兔二号”。1月3日夜里,嫦娥四号着陆器与巡视器已顺利分离,玉兔二号巡视器驶抵月球表面。22时22分,巡视器踏上月球表面。着陆器上监视相机拍摄的玉兔二号在月背留下第一道痕迹的影像图,“鹊桥”中继星顺利传回地面。

## 嫦娥四号探测器

1 2018年12月8日2时23分 发射升空飞向月球

2 12月30日8时55分 在环月轨道成功实施变轨控制,顺利进入预定的月球背面着陆准备轨道

3 2019年1月3日10时15分 从距离月面15公里处开始动力下降

4 在距月面100米处开始悬停,对障碍物和坡度进行识别,并自主避障

5 10时26分 自主着陆在月球背面南极-艾特肯盆地内的冯·卡门撞击坑内

6 11时40分 着陆器监视C相机获取了世界第一张近距离拍摄的月背影像图并传回地面

7 10时15分 嫦娥四号终于如期等来落月的指令。首先是掉头,做好下降准备,然后在距离月面15公里的高度“定时定量”启动发动机开始快速减速,在边往前飞边下降的同时,嫦娥四号快速调整姿态调整速度,在距离月面约6公里的高度时调整至垂直下降。专家表示,这个垂直就是和嫦娥三号最大的不同,因为这里大崎嶇,如果水平方向持续移动就会让着陆器不能准确测量自己所处的高度。继续下降,待发

嫦娥四号成功实现在月球背面软着陆,再次把我国航天器制导、导航与控制(GNC)技术提升到新高度。

GNC系统负责嫦娥四号着陆器和巡视器组合体奔月、环月、落月的整个过程控制,特别是临近月球时的“踩刹车”和落月的过程,没有重来的机会。相较于嫦娥三号,嫦娥四号的落月有着更高的难度,难度主要来自于“月球背面安全着陆”。究其原因,一是月球背面崎岖不平。二是落月过程地球方向不直接可见,所有的信息传输都需在中继星“鹊桥”中转下完成。整个落月过程由GNC系统自主操控,加之回传画面的延迟,对地面人员来说,这个过程近乎“盲降”。

昨天10时15分,嫦娥四号终于如期等来落月的指令。首先是掉头,做好下降准备,然后在距离月面15公里的高度“定时定量”启动发动机开始快速减速,在边往前飞边下降的同时,嫦娥四号快速调整姿态调整速度,在距离月面约6公里的高度时调整至垂直下降。专家表示,这个垂直就是和嫦娥三号最大的不同,因为这里大崎嶇,如果水平方向持续移动就会让着陆器不能准确测量自己所处的高度。继续下降,待发

## 月背科学探测有何意义

### 电磁波“宁静区”:接收更多宇宙微弱信号

月球背面的科学探测意义重大。那里避开来自地球的大量电磁干扰,处于电磁波“宁静区”,在这样的纯净环境中,探测器可以接收到更多微弱信号,例如宇宙形成早期发出的短波。人类通过多次环月探测发现,月球背面分布着大大小小的天体撞击坑,这片神秘区域到底经历过怎样的天体活动?科学家分析,这些撞击坑有的在几十万年前生成,能否通过它们找到宇宙起源的蛛丝马迹?

嫦娥四号探测器的成功着陆,为人类揭开月球背面的神秘面纱迈出关键一步。嫦娥四号首先着陆区为月球南极——艾特肯盆地。“与嫦娥三号的虹湾着陆区相比,

虹湾的整体趋势较平坦,但艾特肯盆地的地形则比较崎岖,撞击坑大且分布密集,这就对探测器着陆区的选择和着陆精度提出很高要求。”

巡视器还要面对月球表面昼夜温差变化大、低重力环境以及细小微尘的污染等问题。“比如,月球的重力只有地球的1/6,我们要针对这种低重力环境,对巡视器的移动速度、距离、越障能力等状态和参数进行充分的地面力学分析和验证,并结合月面散落的陨石和撞击坑的状态,使其具有一定的障碍识别和自主避障能力,保证它的通过性、机动性以及地形适应性。”

## 嫦娥四号如何“盲降”月背

### 着陆器控制系统:设计延时数据注入功能

嫦娥四号成功实现在月球背面软着陆,再次把我国航天器制导、导航与控制(GNC)技术提升到新高度。

GNC系统负责嫦娥四号着陆器和巡视器组合体奔月、环月、落月的整个过程控制,特别是临近月球时的“踩刹车”和落月的过程,没有重来的机会。相较于嫦娥三号,嫦娥四号的落月有着更高的难度,难度主要来自于“月球背面安全着陆”。究其原因,一是月球背面崎岖不平。二是落月过程地球方向不直接可见,所有的信息传输都需在中继星“鹊桥”中转下完成。整个落月过程由GNC系统自主操控,加之回传画面的延迟,对地面人员来说,这个过程近乎“盲降”。

昨天10时15分,嫦娥四号终于如期等来落月的指令。首先是掉头,做好下降准备,然后在距离月面15公里的高度“定时定量”启动发动机开始快速减速,在边往前飞边下降的同时,嫦娥四号快速调整姿态调整速度,在距离月面约6公里的高度时调整至垂直下降。专家表示,这个垂直就是和嫦娥三号最大的不同,因为这里大崎嶇,如果水平方向持续移动就会让着陆器不能准确测量自己所处的高度。继续下降,待发

现下方100米就是月面时,为保证落地时每只脚都不踩到石头上、踩到坑里,嫦娥四号稍稍歇了歇脚,待自己找好着陆点才缓缓下去。

为了防止在最紧张的、不可逆的月球背面着陆过程中“鹊桥”出现问题影响数据的上传,GNC系统设计了延时数据注入功能,提前把要注入着陆器计算机的数据发送到着陆器上的某个地方暂存,这个数据包是带有时间标签的,待到着陆器上的时间和该标签相同时,数据便自动注入,如此,原本赖以生存的通过“鹊桥”的实时数据注入就沦为备份手段。

系统还可以“全程自主故障诊断与重构”,万一真的发生故障,系统可以随时给自己进行“诊断”,找到和剔除病灶,确保落月过程万无一失。

着陆器GNC圆满完成使命,但嫦娥四号任务还在继续,后续还有着陆器、巡视器的两器分离,月球车的月面就位探测、巡视探测,月昼月夜的交替等挑战,具体考验的就是嫦娥四号巡视器GNC系统的智慧了。

嫦娥四号着陆器GNC系统主任设计师程铭说:“看着美妙的落月过程,我们很自豪!”

## 哪些视觉盛宴值得期待

### 四台CMOS相机:直播“月背”探索新发现

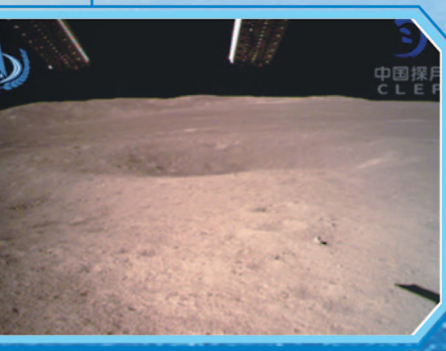
随嫦娥四号登月的,还有四台神秘的小相机,包括三台监视相机和一台降落相机。这四台CMOS相机如同一个小团队,在嫦娥四号到达月面前,便做好了全方位的分工和准备,拍的拍,摄的摄,录的录,传的传,随时待命为全球开启一场“月背”探索现场的视觉盛宴。

降落相机——“直播”降落全程。嫦娥四号着陆器将要降落在月球背面的艾特肯盆地(SPA盆地),SPA盆地是月球上规模最大、最古老的撞击盆地,对它的研究有可能揭露下月壳甚至上月幔的物质状况,因此它是研究月球深部物质组成的重要窗口。降落相机安置于着陆器的底部舱内,在着陆器降落过程中,降落相机以较高的帧频进行拍照,获得大量真实的月球表面信息,直观地反映月球表面地貌特征和区域地质情况,提升人类对月球的认识。

就在昨天,嫦娥四号降落的过

程中,降落相机开机工作,在下降过程中拍摄了多幅月球背面照片。从昨天传回的照片看,降落相机光学图像可获得与人的视觉习惯相近的月面景观,其所传送的图片生动如实地描述着陆器降落的全过程,让人身临其境。

监视相机——“监视”两器分离。嫦娥四号监视相机共有三台,主要任务是对巡视器与着陆器的释放分离过程进行全程监视,实现两器解锁、巡视器驶离连接支架、脐带电缆脱离、行驶至转移机构、释放分离等关键过程的监测,提高探测器系统月表活动的展示度。它们也可以为释放分离过程中每一个指令的执行情况提供直观的视觉信息,并对下一个指令的执行风险提供评估依据。巡视器释放完毕后,装在着陆器侧面的监视相机可定时拍摄不同太阳高度角下的月面图像,并对巡视器月面工作情况



图中展示了巡视器即将驶离着陆器、驶向月背的方向

\*示意图