

五星红旗“闪耀”月球

本报记者 余惠敏

在38万公里外的茫茫奔月之路上,为了避免玉兔不小心走失,嫦娥三姑娘一直紧紧地抱着玉兔。直到2013年12月14日北京时间21时11分,她紧紧地抱着玉兔成功软着陆在月球西经19.5度、北纬44.1度的虹湾以东区域时,这双手还没有松开。

就像小宝宝们总要学会自己走路一样,玉兔宝宝也要离开嫦娥三姑娘温暖的怀抱,独自踏上征程。但月面环境复杂而又陌生,所以分离过程持续了好几个小时,让地面指挥的专家们忙活了足足一个通宵。北京航天飞行控制中心总工程师周建亮表示,两器分离的难点有二,“一是持续时间非常长,且环环相扣容不得半点差错。二是嫦娥三号着陆器在月球着陆,对环境事先不清楚,这是对我们最大的考验。”

两器分离的准备工作从着陆就开始了。嫦娥三号着陆后,随即按计划开展了着陆器与巡视器分离各项准备工作。着陆点环境参数、设备状态、太阳入射角度……地面科技人员对两器分离的实施条件一一检查确认,北京时间14日23时45分,地面指挥人员发出指令,嫦娥三号着陆器与巡视器分离开始。

此前,玉兔号巡视器一直被牢牢固定在着陆器顶部,直到此时各项指标正常,地面才给它们下达了解锁指令。解锁后,玉兔还不能立即开拔,离开嫦娥三姑娘之前,玉兔得先吃饱喝足——走下着陆器前,巡视器要补充能量。

北京航天飞行控制中心飞控大厅屏幕上显示出此时的画面:早已展开太阳翼的嫦娥三号着陆器安立月面,立于它顶端的“玉兔号”巡视器缓缓展开太阳翼,并伸出桅杆。

玉兔伸展的太阳翼是我国科研人员特别研制的可重复展开太阳电池翼,不仅收放自如,可实现多次展开、收拢操作,而且要适应恶劣的月面环境,实现对日定向、遮挡太阳和月夜保温等多重任务需求。

航天科技集团八院805所嫦娥三号结构与机构分系统主任设计师王治易介绍说,“太阳翼的每一个状态都有设计亮点,而每一个亮点,都是设计师不断创新、反复优化的结果。”

太阳翼给玉兔充电,桅杆则给玉兔探路——桅杆高高升起,上面装着导航相机。导航相机居高临下,360度环视扫描周围的月球环境,利用站得高看得远的优势,为玉兔即将走上的探测之路积累数据。

玉兔号通过自己的太阳翼和着陆器的帮助,用3个多小时

时完成充电等准备工作后,就迈着小步,沿着类似护栏的导向装置走走停停,试探着走到它的专梯——转移机构上。

15日凌晨3时10分,巡视器移动到转移机构条件确认,巡视器开始向转移机构缓慢移动。

“转移机构就是一个梯子。”嫦娥三号探测器副总设计师张嵩说。

航天设计师们贴心地为玉兔号巡视器设计了两根转移机构悬梯导轨,类似古代的吊桥。只要巡视器能精确地将左右两边的车轮分别行驶到两根导轨上,并保持稳定,就可以安全到达月面。玉兔月球车利用车轮上的棘爪紧紧抓住转移机构上的棘齿,就像超市购物车能卡在扶梯齿条上一样。即使这专梯有30度倾角,玉兔都不会往下滑。

保持稳定并不简单,释放悬梯导轨的过程中,巡视器车轮万一滑落,后果不堪设想。中国航天科技集团八院805所的移动分系统、控制驱动组件的设计师们为此联合攻关,提高巡视器的静态稳定性。经过反复的论证和试验,他们发现可从车轮的棘爪入手,使车轮棘爪与导轨悬梯上的棘齿咬合,再将“DSP+FPGA”的架构设计和模块化电机驱动设计引入我国深空探测的机构控制领域,提高了控制的精度,确保车轮零转速保持,月球车就可以稳稳地停在导轨上。

月球车轮是个“筛子”。与导轨棘齿咬合的棘爪最初并不是为安全分离设计的,而是为提高巡视器在松软月面上的通过能力。月面上有着千奇百怪的地形地貌,月壤松软、干燥,普通车轮很容易下陷或打滑,而提高车轮的直径和宽度势必增加重量,又不符合月球车轻量化的设计要求。设计师为此提出了筛网轮的设计构想,这样行走时月尘就可以从筛网中落下,但筛网轮在地面车辆上并没有应用过,产品遭到了国内轮载专家的质疑。

“我们决定凭试验数据说话。”嫦娥三号移动分系统主任设计师肖杰介绍说:“我们联系了国内专门研究车轮工程的单位,测试了筛网轮的挂钩牵引力、适应性、承载力等。当初质疑的专家也不得不信服了。”

4时06分,转移机构正常解锁,托举着巡视器轻轻展开、缓慢下降,接触月面,并在着陆器与月面之间搭起一架斜梯。随后,“玉兔号”沿着斜梯款步而下。4时35分,“玉兔号”终于踏上月球,在月面印出两行深深的足迹。嫦娥三号着陆器监视相机完整地记录下这一过程,为玉兔从转移机构上走下并踏上月面的视频传回地面。

地面指挥大厅传来热烈的掌声,两器分离成功完成。整个过程如同行云流水,十分完美。

航天科技集团五院院长杨保华说,“总体上表现非常出色,和我们预期的完全吻合,我们这几年艰辛的努力,我们科研人员的汗水,今天得以全面展现。”

两器分离之后,是两器互拍。嫦娥俏立不动,玉兔环绕她半圈,它们将两两相望,玩起月球上的互拍游戏。玉兔号月球车甚至还在它的官方微博上卖萌说:“别…别急……我得走到离着陆器10米那么远的地方,围着转一圈,从好几个角度给它拍全身照。而且不是乱拍哦,还得考虑着阳光的角度,否则要是给着陆器正面拍照的时候逆光了,我会挨骂的。”

15日23时许,玉兔行走到距离着陆器大约10米的距离,给嫦娥三号拍下了第一张照片。嫦娥也给玉兔拍了一张全身照,“玉兔号”月球车上的五星红旗出现在着陆器拍摄的画面中。这是中国国旗在地外天体上的第一次“留影”。航天专家称,由于月球上没有空气、没有风,所以无法使用布质旗帜。科技人员在巡视器和探测器的一面,分别贴上了能够耐受高温和严寒的五星红旗标识。

“驶上月面后,巡视器将行驶到着陆器周围多个不同的位置。巡视器使用全景相机,着陆器使用地形地貌相机,两器互拍照片。”嫦娥三号探测器系统总设计师孙泽洲说,两器互拍是本次嫦娥三号任务圆满成功标志。

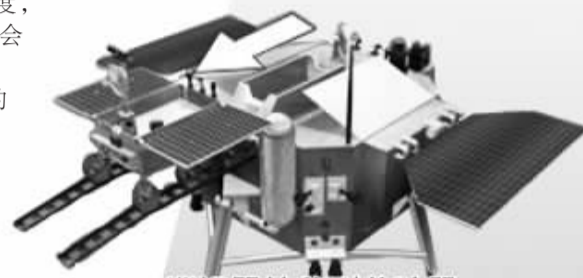
未来几天,在进行科学探测的同时,“玉兔号”月球车还将绕嫦娥三号着陆器继续行驶,从不同角度与嫦娥多次互拍。

按照计划,嫦娥三号着陆器将在落月点进行为期1年的月面就位探测,玉兔号巡视器则将开展为期3个月的月面巡视探测。

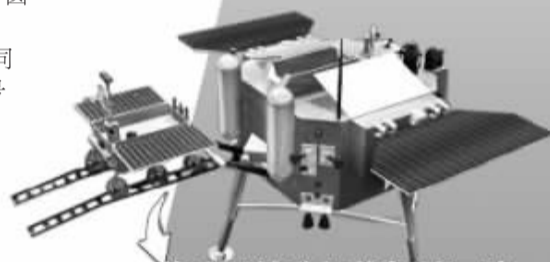
月面巡视器的一小步,是我国航天事业的一大步。玉兔,加油!



着陆器释放机构解锁展开



巡视器转移到着陆器转移机构上



着陆器转移机构解锁下降

指尖锁定 十八万公里外

12月15日,随着嫦娥三号巡视器成功分离,嫦娥三号月球车顺利驶抵月面,北京航天飞行控制中心对嫦娥三号探测器、“玉兔号”月球车的“遥操作”拉开了序幕,这是我国首次对地外天体的航天器进行遥操作。

嫦娥三号飞控任务的“神经中枢”,曾创造4次无人飞船试验、5次载人航天飞行、3次交会对接、两次绕月飞行奇迹的北京航天飞行控制中心,将在守望嫦娥三号探月之旅中再次写下新的传奇。

尽管远在数十万公里之外,地面仍牢牢掌握“嫦娥”、“玉兔”的讯息,并对其遥操作。成千上万台设备分布在国内外的测控站及大洋上的测量船,昆明、佳木斯、乌鲁木齐等地的5套大口径天线形成严密的网络,对嫦娥三号进行全方位精确测控,“嫦娥”、“玉兔”拍摄的照片可以长途“漫游”到北京飞控中心。

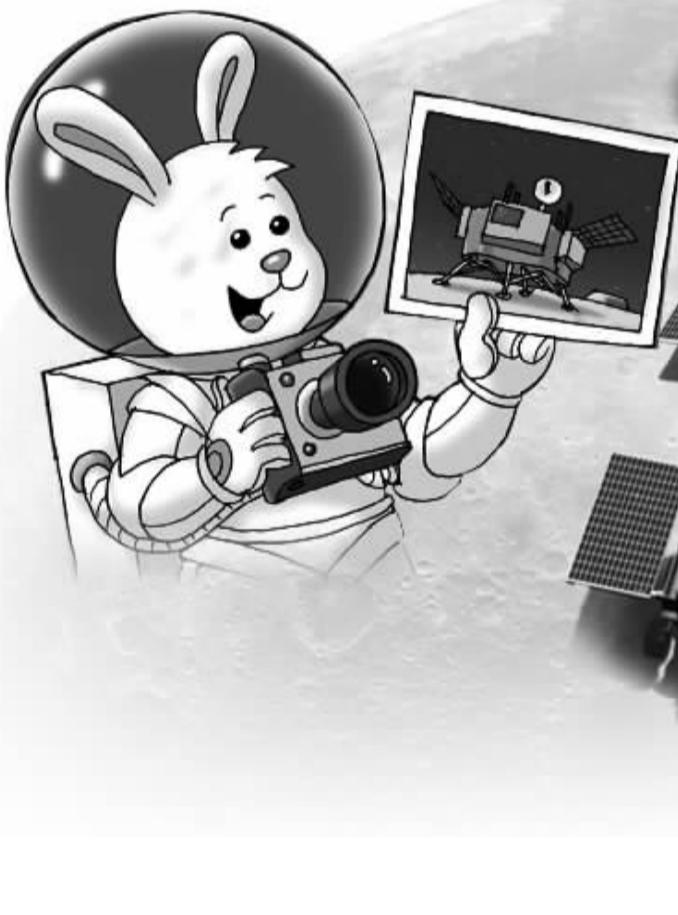
北京航天飞行控制中心总工程师周建亮告诉记者,“为了更直观、形象地展示月球车在月面的工作情况,显示屏借鉴环幕的设计方式,弧形的设计可以更好地展示全景效果,同时还采用了3D画面技术,技术人员只要佩戴3D眼镜便可直观观察月面上的各种情况,可以说把38万公里外的月球拉近到了地面工作人员的眼前。”

据周建亮介绍,路径规划人员和相关控制人员要根据显示的地形,规划月球车行进路径并指挥其每一个动作。“整个过程就像是眼睛和大脑的关系。可以说,月球车的大脑就在我们北京飞控中心的遥操作大厅。”

嫦娥三号探月任务是我国首次在地外天体实施软着陆探测,任务技术状态之新、飞控技术难度之大均前所未有。专家分析,此次任务飞控工作面临“三高”:技术状态全新,处置能力要求高;遥操作约束复杂,飞行控制精度高;系统交互多,着陆器和巡视器两器协同程度高。

针对这种情况,嫦娥三号任务测控通信指挥部指挥长、北京航天飞行控制中心主任陈宏敏介绍,北京飞控中心连续攻克并突破了5项关键技术:一是高精度月面视觉定位技术;二是月面巡视动态规划技术;三是巡视器行走控制技术;四是巡视器可视化操作与控制技术;五是多体制深空干涉测量数据处理技术。

“在长达近3年的任务备战期间,我们撰写了几万字的方案预案,新编了百余万行软件代码,组织了几十次串讲辅导,进行了几十次系统联试,同时对大量硬件设备进行了改造升级,保障了任务的顺利完成。”陈宏敏说。



巡视器到达月面

着陆器与巡视器互拍 (距着陆器约10米)



探月随想

链接

精雕细刻“琢”玉兔

在巡视器零件加工的日子里,中国航天科技集团八院149厂车间组建了一支月面巡视器加工攻关创新团队,形成“技术从问题中来到问题中去”的良性闭环。

巡视器车轮的工艺编制者是中国航天科技集团八院飞船型号副主任工艺师王辉。由于零件在切削过程中产生的应力很大,王辉决定加工过程中做多次去应力热处理,充分除去零件中的残余应力,保证零件的组织稳定性和最终加工精度。零件在车床加工时因为车轮壁厚、装夹定位比较困难,容易产生装夹变形,王辉和首席技师金红新一起探讨研究,提出预留装夹余量和工艺搭子方法。实际加工中,他们自制了土工装,用橡皮轮胎捆绑零件,强化零件的刚性;零件没有装夹的地方,就做一个大的工装板,利用车床的三爪和螺栓把零件紧固,一步一步攻克难关。

就这样,149厂精密构件制造中心的工艺员与工人师傅们一起,攻下了一个又一个技术壁垒,创造了轻量化制造的新历史。文/董娟娟

玉兔的跬步与千里

余惠敏

12月15日凌晨,玉兔号月球车终于踏上月面,留下两行深深的“兔脚印”。玉兔的这一小步,是中国航天事业的一大步。

迄今为止,世界上发射并成功运行的月球车有5辆。作为37年来首次“访问”而不是“砸进”月球的探测器,嫦娥三号表明,中国只用了3次试验就实现了月面软着陆目标。与数十年前美国、前苏联经过20多次试验才实现月面软着陆相比,中国少走了许多弯路。

成功源于谨慎。看到嫦娥和玉兔如此精彩的演出,有公众认为她们尚有余力,就问:这次能落下去,为什么不这一次就设计成能落下去也能回来的探月工程呢?何必还要搞一次“回”的工程,是不是有点浪费?

其实,航天工程是高风险工程。嫦娥探月设计“绕”、“落”、“回”三步走的发展战略,是为了遵循由简到繁的认识事物的客观规律,每一步都是为下一步进行经验积累和技术探索。嫦娥三号这次从100×15公里的椭圆轨道降落到月面的技术,也将为探月三期嫦娥5

号、6号的采样返回奠定技术基础,这是循序渐进的过程。

成功更源于创新。嫦娥三号任务使用了世界先进的变推力发动机、导航、通信、控制等航天技术,突破了多轨道、窄窗口发射和高精度入轨技术,这些都开创了中国航天之先河。

此外,嫦娥三号着陆器携带了用于开展天文观测的近紫外月基天文望远镜、用于对地球等离子体层的整体演化过程进行探测的极紫外相机,“玉兔号”月球车携带了测月雷达,将对月壤和月壳的次表层结构进行探测,这些都是世界月球探测史上的突破。

嫦娥玉兔身上还有许多创新。就拿两器互拍来说吧。1970年前苏联“月行者1号”拍摄了“月球17号”着陆架照片,1973年前苏联“月行者2号”拍摄了“月球21号”着陆架,但都只有单向拍照,没法互拍。玉兔给嫦娥拍照的全景相机,则可拍到彩色照片,还可模拟人眼观测物体的过程,获得的图像可制成3D数据。未

来的某一天,我们或许能在3D影院中看到玉兔传回的彩色3D电影呢。

成功还源于艰苦卓绝的努力。月表综合形貌试验室的模拟月壤干燥且松散,极易飞扬,一般的防尘口罩难以完全挡住细微月尘,参与试验的设计师们每次试验口鼻均会沾上月尘。试验室不能安装空调,但试验从未因炎炎酷暑或是漫漫寒冬而耽搁。仅月面巡视器移动分系统的能力件模拟月壤场地板极限能力试验行驶里程就累计超过20km,总爬坡次数744次,总越障次数792次。正是有了前期大量、扎实、充分的地面试验,才有了玉兔漫步月宫的精彩表现。

不积跬步,无以至千里。嫦娥携玉兔远行38万公里造访月球,是由一步一步的积累而至。正是有了我国航天人一步步踏实的积累,才有了这个周末嫦娥和玉兔举重若轻、行云流水般的精彩演出。我们期待着玉兔在月球上留下更多坚实的足迹,我们更期待着中国航天事业踏出越来越强的稳健步伐!