

火箭是如何进入太空的？



火箭升空的科学原理

它的秘密藏在物理学的基本定律——牛顿第三定律之中,作用力和反作用力的大小相等,方向相反。这就是火箭动力飞行的核心过程:当燃料在燃烧室内燃烧并向后高速喷射气体时,巨大的反作用力就如同无形的巨手,将火箭推向太空。

火箭之所以能挣脱地球引力主要取决于两个关键元素——燃料燃烧产生的喷气速度,以及火箭开始飞行时的质量与燃料耗尽质量的比值(质量比)。发动机喷气速度越高,火箭飞行的速度越高;火箭的质量比越大,火箭飞行能达到的速度越高。而质量比大,就意味着火箭结构的质量小,携带的推进剂多。

想要使航天器在太空中持续绕地球运行,必须使其获得不低于 7.9 公里/秒的第一宇宙速度。然而现实中,即便采用性能最优异的液氢液氧推进剂,火箭发动机的燃气

喷射速度也仅为 4.2 公里/秒。因此,单级火箭受限于质量比和排气速度,根本无法累积足够的速度增量。实际发射环境更加严苛,火箭在穿越大气层时还要克服空气阻力的影响,因此喷气速度实际上需要达到 9.5 千米/秒以上的速度。

为突破这一物理瓶颈,现代航天采用多级火箭的模块化设计。其核心原理类似于登山者分段卸除装备:当某级火箭燃料耗尽,其壳体立即分离脱落,后续发动机随即点火。这种阶梯式推进策略通过不断减少无效质量,使剩余燃料的能量更高效地转化为速度增量。每级分离都相当于重启一个更轻便的运载系统,最终通过多级接力完成宇宙速度的累积。

火箭在发射升空时是否也存在明确的阶段过程呢?运载火箭的飞行轨道包含三个阶段:垂直起飞段、程序转弯段和入轨段。这是因为运载火箭从发射台点火起飞后,需要冲破稠密的大气层,跨过声速,经过最大动

压区,才能飞出大气层外,进而才能将航天器送入预定轨道。

火箭发射的三部曲——垂直起飞段

我们可以发现,运载火箭采用了垂直起飞的发射方式,这是因为垂直起飞能让运载火箭以最短的路径穿透大气层,减少速度损失。这时候发动机产生的推力只要比火箭自身重量大一点点就能起飞,就像我们骑自行车起步时,刚开始蹬的那一下最费劲。

火箭发射的三部曲——程序转弯段

但不论你是在看现场观看火箭发射过程,亦或是在视频中观看发射实况,都会发现一个现象:火箭飞行一段时间后就会逐渐倾斜,最终会在天空中呈现一条抛物线状的飞行轨迹。

火箭飞行过程中的角度变化是经过精密计算的关键操作。那么,为何火箭需要倾斜飞行呢?这主要涉及两个重要因素:地球自转和重力作用。

首先考虑地球自转的影响。我们的地球时刻都在自转,这意味着火箭发射后需要获得向东的速度分量。如果单纯垂直发射,火箭会因地球自转而偏离预定轨道。就像在旋转的转盘上垂直抛出一个球,球会偏离落点一样。因此,火箭需要通过倾斜飞行来获得这个必要的水平速度分量。而且,通过借助地球自转的惯性,火箭还能获得一个额外的速度,这在很大程度上能够节约燃料。节省下来的燃料可以用于水平加速,进而让火箭更容易进入轨道。

其次,重力因素也至关重要。地球引力始终垂直向下作用于火箭,单纯依靠垂直向上的推力来对抗重力效率很低,就像徒手托

举重物一样费力。但地球是圆的,如果火箭的水平速度足够,离心力就足以克服重力影响。但是,这个速度需要累计,火箭依旧需要先垂直发射再逐渐倾斜,当火箭获得水平速度后就能让离心力分担一部分水平维持力。因此,火箭发射第二阶段的倾斜飞行可以改变火箭的爬升方向和加速,最终给航天器提供合适的高度、速度和飞行方向,使其能够正常进入预定轨道。这种“四两拨千斤”的方式能大大提升推进效率。

随着飞行高度的增加,火箭会逐步调整姿态。当突破稠密大气层后,通常情况下,一级火箭已经完成任务分离,二级火箭接续工作。待火箭飞离大气层后,火箭会抛掉整流罩减轻重量,继续以最优能量轨迹调整飞行角度,为最终入轨做好准备。

火箭发射的三部曲——入轨段

到了最后的入轨段,当火箭达到预定的速度和高度时,就要关机并分离第三级火箭发动机,至此,加速飞行段宣告结束。此后,运载火箭依靠之前已经获取的能量,在地球引力的作用下,开启惯性飞行段,一直飞行到与预定轨道相切的位置。当火箭接近轨道注入点的时候,第三级火箭发动机再次点火,火箭开始进行最后的加速段飞行,待达到入轨速度后,运载火箭与航天器分离,卫星也就被顺利送入运行轨道了,至此,火箭的运载使命便全部完成。

从牛顿第三定律的反作用力原理,到多级火箭的接力推进设计;从垂直起飞突破大气层的阻力,到精妙的程序转弯调整轨道,最终通过精确的速度控制实现入轨——每一个环节都凝聚着几代航天人的智慧结晶。

展望未来,随着可重复使用火箭、新型推进系统等技术的突破,人类进入太空的成本将不断降低。或许在不远的将来,太空旅行会成为普通人的选择,而火箭技术也将继续书写人类探索宇宙的新篇章。

信息来源于:《太空探索通史》,科普中国,中国载人航天办公室等

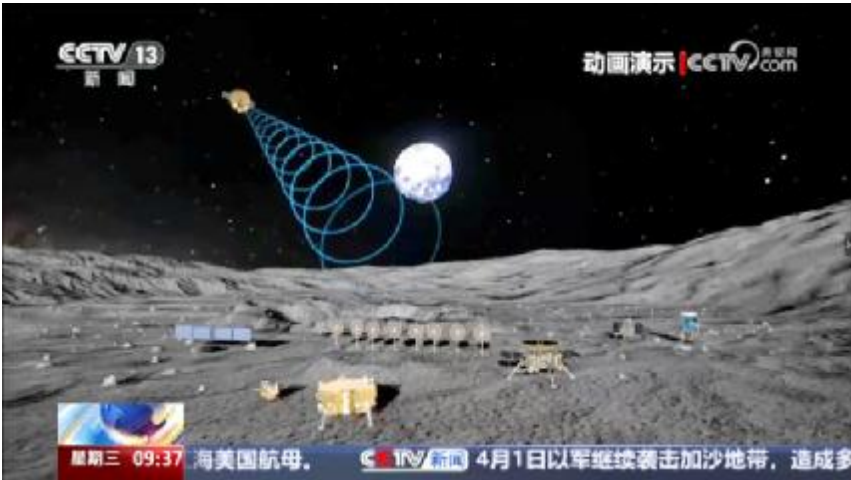
太空机器人,作为人类探索太空的得力“伙伴”,正发挥着越来越重要的作用。随着深空探测任务的逐步推进,航天事业的技术突破和科研成果日益涌现,激起了人们对太空机器人的广泛关注。

太空机器人:探索宇宙的得力助手

太空机器人,是一种在航天器或空间站上作业的通用机械系统。它们工作在微重力、高真空、超低温、强辐射的极端空间环境下,与地面上的工业机器人有着天壤之别。在失重状态下,物体像幽灵般漂浮,这给太空机器人的操作带来了重重困难;空间目标识别以及识别与操作的配合,也比地面更加棘手。因此,太空机器人需要配备相较普通机器人更高精度的视觉系统,还可与双目相机、惯性测量单元等多种传感器融合进行智能感知,以便精准确定物体的位置和方向,同时还要有便于更换的灵巧末端操纵器,并借助接近觉、触觉、力觉、滑觉传感器,完成各种复杂操作。

太空机器人的发展历程

早期航天器上的机器人,均属于最简单的遥控机械手。这是一种由人操纵的多关节机械装置,仅充当执行机构的角色,本身不具备智能性,需要操作人员持续操控。然而,远程操作带来的信号传输和处理延时,如同隐藏的定时炸弹,可能导致控制系统失稳。1967 年,美国“观察者”- III 航天器上安装的机械手,在地面操作者的控制下,用手爪在月面上成功完成了挖沟操作,并进行了土壤实验,开启了太空机器人探索的新篇章。1976 年,美国“海盗”号火星登陆器上的机器人,接收到地面遥控指令后,启动预先编好的程序,在指定表面着陆,取回火星表层土样。随着技术的不断进步,遥控机器人应运而生。这是一种人机混合的遥控系统,将遥控和一定级别的自主技术巧妙结合。系统拥有本地回路和远地回路两个控制回路,通过远程通信实现连接。工作在低智能和高响应率远地回路的太空机器人,接到本地回路控



星际智能:太空机器人

制人员的遥控操作指令后,会根据自身感知信息和智能,在远地计算机的控制下完成指定操作。操作者则在高智能和低响应率的本地回路内,依据机器人传来的各种信息,对其在远地控制回路内的工作进行监控,并适时发出指令,远地计算机再根据指令控制机器人操作。这种方式在初期空间站开发中得到了广泛应用。

如今,智能化成为太空机器人发展的必然趋势。这类机器人无需人类操纵,具备更强的自主决策能力、环境感知能力和学习能力,拥有多种感官和认知功能。它们接到指令后,能够自行规划、编程、诊断、决策,自主完成装配、修理或实验任务。例如,美国宇航局的“勇气”号和“机遇”号火星车就具有一定的智能性,它们能够在火星表面自主行驶、探测地形、分析岩石样本等。中国的嫦娥系列探测器也搭载了各种智能机器人设备,如嫦娥六号携带的月面自主智能微小机器人“金蟾号”,可以自主导航和避障,选择路

径,并进行智能拍照和图像分析。

太空机器人的无限可能

在有限的地球资源面临枯竭威胁的背景下,人类走向太空成为必然选择。随着科学技术的进步与发展,许多新概念、新形态的太空智能机器人的研发像雨后春笋一般,进入大众视野。

前不久,中国矿业大学刘新华教授团队成功研发出多功能太空采矿机器人,这款太空采矿机器人采用六足模式,由三个轮足和三个爪足组成。之所以如此设计,是为了更好地适应太空中的微重力环境。在微重力条件下,传统机器人的移动和作业面临诸多挑战,而这种独特的构型能够为机器人提供更稳定的支撑和更灵活的移动能力。未来有望在月球和近地小行星的资源开发中发挥重要作用,助力人类开启太空资源开发的新篇章。

在深空探测领域,我国制定了长远的战

略目标和规划。其主要任务包括探月工程四期和国际月球科研站建设,计划 2028 年前后发射的嫦娥八号,将重点开展月球科研站的月面指挥通讯中枢技术验证、远程机器人探测和资源原位利用。为实现这一科学大计划,许多科研团队和组织投入到太空机器人的研发当中。

中国工程院院士、国家数字建造技术创新中心首席科学家丁烈云,带领华中大团队开展了月面极端环境下的装配式结构优化设计、月壤烧结及月面极端环境影响等多项前沿研究,探索如何在月球上搭房子。将中国传统制砖砌筑的建造方式与月面基地的建造技术体系 3D 打印的方式相结合,研发出用于完成浇筑工作的机器人“中国超级泥瓦匠”、用于月球表面原位资源 3D 打印的机器人“月蜘蛛”;将由香港科技大学主导研发的,多功能月面作业机器人暨可移动充电站,该机器人配备双机械臂,可用以布置和安装仪器、采集月面样品,在机器人协同工作时,可提供无线充电的功能;2025 年 1 月 24 日,浙江大学、地卫二空间技术(杭州)有限公司、土耳其中东科技大学联合研制项目入选嫦娥八号任务遴选,三方共同完成的微型探索机器人的开发,该项目的智能机器人以小型化、轻量化为核心,结合 AI 赋能的智能操作系统,专为月球表面装备的协同作业与复杂地形的灵活探测设计而生,为落实月球科研站建设贡献力量。

虽然太空机器人已经取得了显著的发展,但要实现更广泛的应用,仍需攻克诸多难题。在技术方面,进一步提高机器人的自主性和智能水平是关键。这需要在人工智能、机器学习、传感器技术等领域取得更大突破,使机器人能够在复杂的太空环境中自主决策、灵活应对各种突发情况。

随着技术的不断进步和产业的持续发展,太空机器人必将在浩瀚宇宙中创造更多的奇迹,为人类的未来开辟新的可能。

资料来源于央视网、科普中国、新华社、人民网、光明网等