

2023年8月11日，俄罗斯的月球-25号（Luna 25）探测器发射升空；计划在月球南极着陆，后坠毁于月面。调查显示，近月制动时的发动机点火应运行84秒，实际却运行了127秒，加速度计未能在探测器达到预定速度时发出信号及时关闭推进系统，导致失败。

2023年9月7日，日本的月球探测器SLIM发射升空。在月面降落过程中，探测器的一台发动机失去推力，导致它以发动机朝上的“倒栽葱”姿态着陆，任务失败。

2024年1月8日，美国“航天机器人技术公司”开发的“游隼”月球着陆器发射升空后，因推进系统故障、推进剂泄漏，最终重返地球大气层烧毁。

2024年2月15日，美国“直觉机器公司”的奥德修斯号月球着陆器发射，进入环月轨道后发现激光测距系统无法正常工作，于是调用激光测距实验载荷用于着陆数据支持，2月22日着陆月球表面时发

生了侧翻。

以上事实证明，尽管载人登月已实现了半个多世纪，但时至今日，月球软着陆仍然是高风险环节。“月面软着陆面临两个最大技术挑战，分别是反推发动机技术和着陆导航技术。”资深航天专家、上海航天技术研究院研究员陶建中告诉《新民周刊》记者。

目前，只有中国和美国商业航天企业“直觉机器公司”研制出了推力可大范围调节的变推力发动机，依靠发动机推力的受控变化来平衡不断变动的探测器重力。而其他探测器大多采用多台固定推力或可小范围调节推力的发动机组合，这种反推力的突变容易对探测器姿态造成干扰。

从着陆导航技术来看，印度月船三号与日本SLIM着陆器都应用了基于图像匹配技术的地形相对导航技术，实现了较高精度着陆。中国的嫦娥系列探测器采用微波/激光测距测速和机器视觉避障技术，具有

很高的可靠性，后续嫦娥七号和八号探测器根据任务需求将实现更高精度的着陆。

以上的探月尝试中，特别值得一提的是美国“直觉机器公司”的奥德修斯号，它是首个登陆月球的私人探测器。尽管这次登月任务背后也有NASA的部分资金支持，但这仍是民营企业乃至个人参与探月的重要标杆。

奥德修斯号与之前的另一家美国商业航天公司“航天机器人技术公司”的游隼号，都是NASA“商业月球有效载荷服务”（CLPS）计划的尝试。后者当初计划的有效载荷高达265千克，而奥德修斯号的有效载荷为100千克，装载了6个NASA最新的探测仪器。

中国的商业航天也在快速发展。2015年，中国政府明确鼓励民营企业发展商业航天，开启了中国航天向“政府主导与市场推动相结合”的转变进程。2023年12月，国家发改委发布的《产业结构调整指导目录（2024年本）》，将“航天强国”列入“推进新型工业化，加快建设”的产业名单。

统计数据显示，2023年，中国商业航天领域新增企业数量为113272家，同比2022年的87844家，增长28.95%；其中，43%为火箭制造企业，35%为卫星制造企业。2024年中国的航天发射次数可能超过100次，民营火箭发射将占25%至30%。在一系列政策支持下，预计中国商业航天产业规模，将在2024年突破2.3万亿元。

在这样的形势下，中国自主的商业登月、私人月球之旅，已经离我们越来越近。■

下图：2024年2月22日，美企月球着陆器“奥德修斯”入轨准备着陆。

