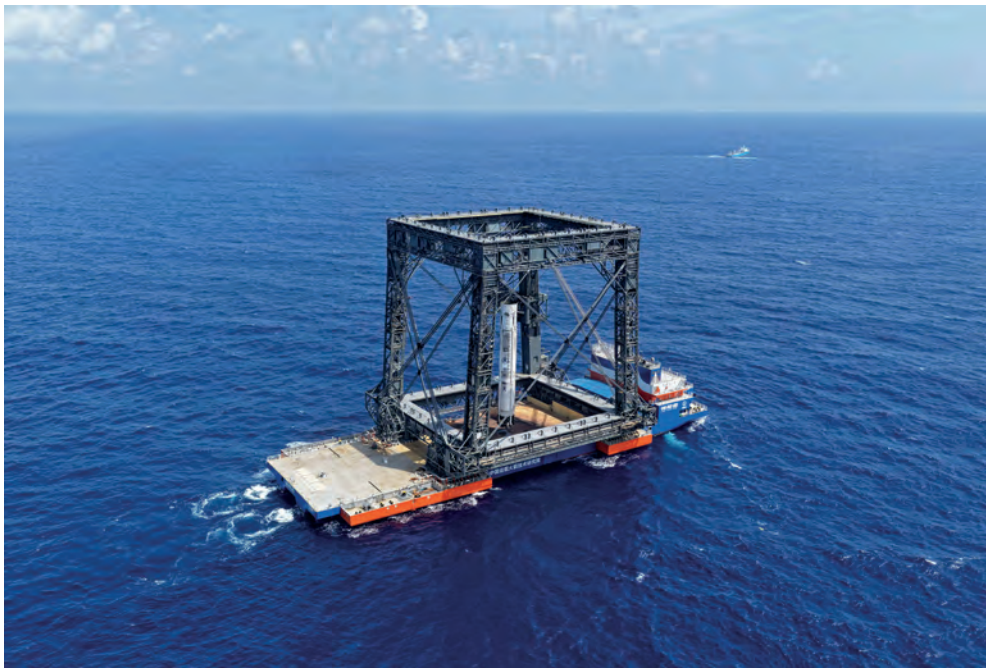




射场回收，对火箭燃料的消耗比较多；同时风险集中在发射塔附近，一旦捕获失败可能对昂贵的发射设施造成严重损害。此外，巨型机械臂和发射塔的建设维护成本极高。2024年10月13日，SpaceX首次成功用机械臂捕获超级重型助推器，但星舰助推器复用仍处于试验验证阶段，尚未实现常态化商业运营。

第三种是网系回收，这是中国独创的全新技术路线，由长征十号乙火箭于2026年7月10日首次验证成功。火箭一子级不携带着陆腿，而是在箭体上设置4个可展开的捕获钩。回收时，火箭接近海上回收平台，展开捕获钩，平台上井字形可移动的柔性绳网通过快速移动挂住捕获钩，实现柔性捕获，随后辅助绳索收

紧固定箭体。

网系回收的优势突出。取消着陆腿，将缓冲装置从箭体转移到地面设备，大幅减轻了火箭自身的结构重量。据公开资料，采用网系回收的长征十号乙运力损耗控制在10%左右，显著低于着陆腿方案约23%的运力损耗。其次是柔性软着陆，火箭平稳入网、几乎无磕碰损伤，无需复杂检修，补加燃料即可再次发射。网系回收平台既可以建在海上，也可以建在陆地。

当然，网系回收也面临挑战。海上作业必须面对海浪、平台运动、盐雾腐蚀及回收后吊装运输等问题，回收船的建造成本也不低。不过，原本每次都要随火箭升空的设备，被转化为能重复使用的基础设施，长远来看，

上图：2026年7月10日，海上回收平台通过网系捕获方式成功回收长征十号乙运载火箭一子级。

这在经济上依然合算。

除上述三种路线外，垂直回收中的伞降方式以及水平回收已基本很少使用。伞降回收依靠大型降落伞减速，火箭最终溅落海面或地面。缺点是落点受风影响，精度有限，容易倾倒；如果落海，火箭受海水腐蚀，后续翻新周期长；且受限于降落伞承载力，难以满足较大箭体回收。而以航天飞机为代表的水平回收方案，则因系统过于复杂、操作效率低、运行费用昂贵等问题未达设计预期，被航天界停用，美国的航天飞机已于2011年全部退役。

在陶建中看来，以上三种主流回收方式中，并没有哪一种技术路线是“绝对正确”的。每一种方式都有自身的优缺点，最终选择取决于每次实际发射任务的火箭尺寸、发射场位置、任务轨道和预期发射频率。“最看重哪一方面的优势，从而选择对应的回收方案，需要由总设计师团队来做决定。”对于当前的中国航天来说，同时掌握两种技术路线，无疑有了更多的底气。

从一级回收全面复用

火箭回收技术的突破只是第一步，从“能回收”到“能复用”，从一级回收全面回收，