

湖南出版投资控股集团主管、主办
国内统一连续出版物号：
CN 43-0057
2026年7月29日 星期三
农历丙午年六月十六

出品：十几岁教育出版社部
总经理：蒋薇
副总经理：黄珏 殷建军
执行主编：余娅
记者 编辑：彭美琳 姚田园
美编：陈思思
校读：凌马颜



更多科普知识，请关注
《爱科学》杂志。儿童视角
解码科学，尽在《爱科学》。

□新闻回顾

2026年7月10日12时15分，长征十号乙运载火箭在海南商业航天发射场点火起飞。

约6分钟后，火箭一二级分离。此时，绝大多数火箭的故事已经结束了——二级继续把卫星送入轨道，一级则完成使命，坠入大海或在大气层中烧毁。

但这次有些不一样。

一级火箭在空中完成一系列动作后，在6分钟的时间里持续减速，精准飞入海上回收平台“领航者”张开的大网中。这是我国首次成功实施运载火箭一子级（火箭最底部一级）可控回收，也是全球首次实现运载火箭网系回收，标志着我国在重复使用运载火箭技术领域取得了新的突破。

中国回收技术新升级，把运载火箭接“回家”

或许有人会好奇，为什么我们要回收火箭？网系回收又有什么特殊之处？

降低发射成本：从“一次性”到“重复用”

传统运载火箭大多属于“一次性用品”。第一级火箭完成推进任务后，会坠入海洋或落到预定区域，无法再次使用。公开资料显示，火箭的一级箭体成本大概占总成本的60%—70%，是绝对的“成本C位”。当前，低轨卫星互联网、空间站补给等航天发射任务不断增多，如果能把一级火箭回收回来，经过检测维修后再次使用，单次发射成本就能大幅下降。业内测算，即便考虑维修和维护成本，火箭复用不到5次即可体现成本优势；复用达到10次以上，单次发射成本有望降低约80%。更低的成本意味着更高的发射频次。火箭复用技术的突破，为我国低轨卫星互联网、中轨道通信卫星的大规模组网奠定了基础，也将提升我国商业航天在国际市场的竞争力。

让火箭“回家”，人们试过这些办法

为了把火箭“接回来”，人们想了许多不同的办法。最早的方案之一，是降落伞回收。火箭或部分部件打开降落伞，依靠空气阻力减速，最终落到海面或陆地。这种方式结构简单，但落点容易受到风的影响，精度有限，落海后还可能受到海水腐蚀，因此更多用于部件，而不是大型一级火箭。另一种方式则是水平回收，典型代表就是航天飞机。它依靠机翼滑翔，像飞机一样降落在跑道上。这种方式着陆平稳，但需要机翼、起落架等复杂结构，维护成本较高，因此并没有成为今天大型运载火箭的主流选择。

目前世界上绝大多数可重复使用火箭采用着陆腿回收方案——火箭像直升机一样垂直降落，用四条腿支撑站立。SpaceX的猎鹰9号就是这条技术路线的代表。在国内，“星云-M”1号试验火箭与朱雀三号VTVL-1也在火箭垂直回收飞行上做出了尝试。着陆腿式垂直回收着陆精度高，回收可控性强，但着陆腿会增加结构重量，需要牺牲部分运载效率，导致火箭损失不少运载能力。例如，“猎鹰9”号火箭在回收模式下就会损失最大运载能力的40%。

因此，如何让火箭既能安全回收，又尽可能减少额外重量，一直是重复使用技术的重要课题。

一张拦阻网，接住100吨

为了解决火箭回收的难题，在垂直起降回收技术已经有一定经验的情况下，长征十号乙研发团队依旧选择另辟蹊径，提出了“简化箭上，箭地协同”的设计思路：火箭不需要配备复杂的着陆腿，取而代之的是箭体上的4个系网钩；回收平台则张开一张全球首款“井”字形高强度缓冲拦阻网。火箭飞进网里，挂索机构与绳索接触，箭体被精准捕获并缓慢降下。其原理类似于舰载机借助阻拦索系统在航母上降落。

整个返回过程堪称一套极限“空中体操”——火箭在6分钟内完成空中“掉头”、减速“刹车”、精确着陆等一系列高难度、高精度动作，实现“控得住”“回得准”“落得稳”“接得住”。

让我们再仔细来看看，火箭一二级分离后，一子级还处于向上飞行的状态。它首先要进行滑行调姿，在空中调头。然后是动力减速，发动机再次点火，像踩刹车一样减缓速度，过程中需要在极短时间内完成一系列复杂的准备。接着是气动减速，依靠栅格舵产生的气动阻力进一步减速。最后是精确着陆段，火箭接近海面时，与早已在预定海域待命的回收船高度协同。最后一幕，火箭在预定高度自动展开挂钩，稳稳挂在回收网的多根“井”字形绳索上，完成捕获回收。

这背后的技术难度极高：回收平台在大海中绝非静止，即便配备动力定位系统，在风浪中仍会产生倾斜；火箭下降时也不是完全垂直。火箭与回收船必须在风浪扰动中完成高动态“对接”，用研制团队的话说，这是一场“箭与船的海上共舞”。

此次任务创造了两项纪录：我国首次成功实施运载火箭一子级可控回收，也是全球首次实现运载火箭网系回收。它证明的不只是火箭能够飞回来，更重要的是，我国探索出了一条具有自身特色的重复使用火箭技术的路线。按照计划，此次成功回收的一子级还将开展检查、维护和复用验证，预计将在今年年底前完成首次复用飞行。低成本、高频次、可持续的太空之路，正从蓝图变成现实。

□知识链接

火箭残骸都去哪儿了？

一枚火箭将卫星送入太空，是一场自我牺牲的旅程。那些在飞行中掉落的箭体结构，就是火箭残骸。

火箭残骸包括很多种类。部分残骸在火箭发射后，几乎马上就会重新返回地面，甚至在火箭刚开始呼啸震动时，就开始掉落“残骸”。这其实是火箭外部的保温泡沫或凝结而成的冰。人们常说的残骸，更多是指火箭箭体结构的大残骸。以我国载人航天工程所使用的“神箭”长征二号F运

载火箭为例，发射后几分钟内，火箭的逃逸塔、助推器、一级火箭、整流罩等重要组成部分，会相继按照预定程序分离，由于上升的高度不高，很快就坠落回地面。而飞得更高的末级，则会滞留太空，最终受控或自然再入大气层，在与大气的剧烈摩擦中焚烧殆尽，化作一道流星。

为防止残骸伤人，火箭发射前，设计师会精准计算出落区范围。落区通常选在地广人稀的沙漠、山区或公海，并会提前疏散群众。残骸落地后，还有专人进行回收处理。