

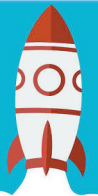
火箭残骸是怎么处理的

火箭残骸第3部分 让出轨道，不复相见

新闻背景

不久前,在我国长征二号丙运载火箭的一次发射任务中,通过火箭上安装的栅格舵系统,火箭的一子级落点实现了精确控制。这一技术突破不仅有助于保障落区居民安全,也是未来中国火箭可重复使用的诸多核心技术之一。

那么,在人类的航天事业中,过去产生的那么多火箭残骸都是怎么处理的呢?





2011年4月10日，我国第8颗北斗导航卫星物理残骸外壳掉落广西田林县境内。

人类航天事业的基石是运载火箭技术，然而，人类受困于强大的地球引力和浓密的大气层影响，火箭运输效率极低，有效载荷仅为总重量的1%~5%。

以人类有史以来最强的登月火箭土星五号为例，它的总重量约为3000吨。第一级总重约2290吨，其中壳体和发动机质量仅为130吨，其余2160吨都为液氧煤油燃料。发动机工作时间

标准流程为165秒，平均每一秒燃烧13.1吨燃料，换算成汽油差不多够一辆百公里油耗10升的小汽车围绕地球赤道开4圈半！但它能送到月球的有效载荷仅为45吨重的阿波罗飞船，比重仅为1.5%。如果考虑到真正有效载荷仅为三位宇航员和有限的科学仪器，这个效率更低到令人发指。其余部分几乎都是燃料和火箭残骸。

火箭残骸第2部分 “天外来客”，可控再入

随着火箭继续飞行，火箭二级将会继续完成推高航天器轨道的重任，以至于它分离时往往自身动能已经足以环绕地球。但此时轨道高度依然在200千米左右，这里大气虽然稀薄但可以造成足够阻力，火箭二级往往还是会返回地球。

由于高空大气的情况复杂，火箭二级被抛弃后姿态也无法确定，返回地球的轨迹、时间和冲击大气地点很难预测。2016年6月25日，我国首次发射新一代火箭长征七号，火箭二级在太空中自由飞行了一个多月后，于7月27日当地晚间在北美中西部再入大气。

但我们不必担心火箭二级造成的威胁。它们没有任何隔热措施，再入大气时速度快、空气稠密，它们往往变成美丽的流星，焚毁在大气中。

也有极个别情况火箭二级可能变成“飞来横祸”。历史上最接近二级火箭飞来横祸的是一位叫洛蒂·威廉姆斯的美国人，在1997年她被一个德尔塔-2型火箭二级返回地球时的碎片擦过肩膀。所幸只是轻微擦过，她并未受伤，就是吓了一跳，如果再偏一点砸到头上，那就有生命危险了。

火箭二级成为残骸时往往已经有能力围绕地球飞行，但返回地球状态难以预测且存在一定风险，当然有必要妥善处理。

SpaceX在实现第一级回收后，曾经努力回收第二级，可是第二级的价值实在有限，且回收距离太远、成本太高，导致最后放弃了此项技术。但这并不意味着第二级就此被抛弃：它执行任务的周期很短，在任务结束后，可以利用剩余燃料，自己冲进大气。由于地球绝大部分表面都是大洋，可以很容易控制它们焚毁并最终残骸落入安全区域，尽力减少潜在威胁。

而对于已经进入太空、距离地球较近、且一时半会儿无法返回的火箭残骸，则可以采取人工干扰的方式进行移除。例如采用新一次发射任务，用小型航天器靠近火箭残骸，采用鱼叉法、网捕法、太阳光帆、拖拽法等将其最终拖入大气焚毁。

虽然人类从未被这个阶段的火箭残骸伤害过，但它们对正常卫星的潜在威胁极大，极有可能造成更多新的太空垃圾，“杞人忧天”还是有必要的。

→当地时间2018年10月7日，美国太空探索技术公司(SpaceX)的一枚“猎鹰9”火箭在美国西海岸实现陆地回收。



火箭残骸第1部分 能收则收，不收则躲



装了栅格舵的火箭级间段。

火箭残骸的第一部分，在火箭发射后不久会重新返回地面，甚至在火箭刚开始呼啸震动时就开始“掉渣”——这往往是保温泡沫或结的冰。

大气密度大，这个阶段产生的残骸高度不够、速度很低，因而这些残骸根本没能力突破大气。按照火箭推进的原理，所有的火箭几乎都要设计成多级模式，越靠下面的部分越大越强力。这意味着这部分残骸特点是：非常大、非常贵，也非常危险！

以我国每次载人航天都要使用到的长征2F王牌火箭为例，在发射后约3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就会相继程序分离，最后分离的整流罩上升的最大高度仅为100千米左右，引力作用下，它们必然会返回地球。

由于程序分离时间、分离姿态、气象条件等各不相同，它们的掉落区往往分散且面积巨大。由于历史和技术原因，我国的三大传统发射场酒泉、太原和西昌都位于内陆，每次发射都要着重考虑这一批残骸的破坏力。

火箭一级和整流罩等往往是火箭体积重量最大、最核心也最

昂贵的部分，占据火箭总体成本的80%以上，却是最早被扔掉的，非常可惜，而且非常危险。

处理它们的有效方式有三种：

一是回收。这也是太空探索技术公司(SpaceX)、蓝色起源、航天飞机固体助推器和我国新一代火箭设计时考虑的重点因素。目前，SpaceX依靠这个技术声名鹊起，不仅能够依靠一级火箭反推平稳回收，还能利用整流罩降落伞减速滑翔和接驳船大网实现回收，几乎毫不浪费。

二是完全弃用。这是世界主流火箭的主要处理方式，由于传统火箭发动机设计和结构问题，很多火箭根本无法复用，几乎毫无回收价值，最理想的情况反而是丢掉。但仅有靠海的发射场能实现这一完美主义：例如美国的范德堡空军基地、肯尼迪航天中心、卡尔维拉尔角，中国文昌，欧洲法属圭亚那。

三是尽力减少残骸影响。中国酒泉、太原、西昌这些内陆发射场，可以大大减少残骸的影响。例如我国在7月26日长二丙火箭发射遥感30组-05卫星时，给火箭一级的级间段安装了栅格舵，在一级残骸落地过程中起到稳定姿态和减速的效果，大大减少了残骸的可能影响区间，成为世界第二个运用此技术的案例，也为我国未来新一代可回收火箭积累宝贵经验。在火箭冲向天空的过程中，栅格舵是紧紧贴着火箭的，当火箭的一子级完成使命再入大气层时，栅格舵正式开始工作，变成火箭残骸的“翅膀”。在“翅膀”的保驾护航之下，最终火箭残骸落在设定的区域。

对于很多高轨卫星而言，旅程远未结束，运送它们的火箭往往还有第三级、上面级等重要结构。

例如，我国王牌火箭长三乙可以携带一个远征一号上面级，就是靠这个“太空摆渡车”才实现了数次北斗卫星导航系统“一箭双星”任务。此时卫星被分离时轨道已经非常高，这些火箭残骸注定几乎不可能返回地球大气。以2015年7月25日我国长三乙+远征一号“一箭双星”发射北斗导航卫星为例，直到今天长三乙的第三级仍然飞在近地点382千米、远地点16587千米的大椭圆轨道，而共同升空的远征一号更夸张，它飞在近地点22042千米、远地点27866千米的超级椭圆轨道。到人类灭绝都不可能返回地球！

事实上，有很多人类航天事业早期发射高轨卫星带来的火箭残骸，直到今天依然在太空漫游。

而对于很多深空探测任务，目标轨道轻易超过月球的距离，这些火箭残骸已经远到无法追踪了。例如猎鹰重型火箭2018年2月6日首次试射后，它的火箭二级牢牢绑在特斯拉电动车背后，现在已经大概到了相对地球的太阳系另一面了。

这个阶段的太空垃圾已经太过遥远，以至于把它们重新带回地球大气的成本实在太高，得不偿失。此时的有效手段就是让它们远离地球附近的宝贵轨道，进入深空。这个过程基本只能靠它在完成工作之后自主完成：利用残余的燃料，燃尽最后一滴，尽力逃离地球。

例如我国在2015年3月30日的长三丙火箭发射北斗II-S卫星时，远征一号上面级首秀，它在任务成功、将卫星送入轨道后，最后阶段就执行了这么一个命令，拼尽全力远离地球。时至今日，它的轨道距离地球最远点已经达到15万千米！是地球半径的20多倍，根本不可能再与人类相见。

人类航天事业，是人类科技史上的奇迹，它的方方面面无不闪耀着人类最辉煌的智慧和创造力光芒，即便对于火箭残骸的处理亦是如此。不过，当我们看到火箭残骸的种种处理技术时，更应该对这些蜡炬成灰泪始干的残骸保持敬畏：

它们牺牲自己，托起了人类又一个航天梦想。

相关链接

火箭残骸实现“指哪儿落哪儿”！中国做到了

我国的火箭技术又有了新突破，迈出了可重复使用的第一步。在近期的一次发射任务中，我国完成了火箭残骸的精准控制，实现了“指哪儿落哪儿”，也因此成为继美国之后的第二个掌握这项技术的国家。这次取得验证成功的新技术叫“栅格舵分离体落区安全技术”，简单地说，就是一项用来控制火箭残骸落点的技术。从视频中可以看到，火箭在一二级分离后，箭身上的四片栅格舵展开，火箭再入大气层后，栅格舵可以由地面控制转动，从而实现箭体的稳定和向理论落点的机动。结果显示，这次试验非常成功，实现了火箭残骸“指哪儿落哪儿”。

据《中国科普博览》、央视网