



飞天梦 从长征到水火箭

见证历史 · 探秘原理 · 动手实践

CHAPTER 01 / 03 · 见证历史 · 探秘原理 · 动手实践



01

— CHAPTER 01 / 03

长征十号乙，回收成功

第一章

长征十号乙之 回收

海上网系

全球首创 · 海上平台网捕获

一子级

火箭第一级可重复使用

视频



2026.07.10 海南商业航天发射场 · 全球首次一子级海上网系回收



— NOW · WITNESS THE MOMENT —

现在 让我们一起见证

长征十号乙 · 成功回收 · 视频即将播放



▶ 请保持安静







— CHAPTER 04 / 04

长十乙回收背后的哈工大

威海校区 · 地面拦阻系统



1:8 缩比样机试验

在威海校区试验场完成
全部工况验证 (正常/偏置/旋转)

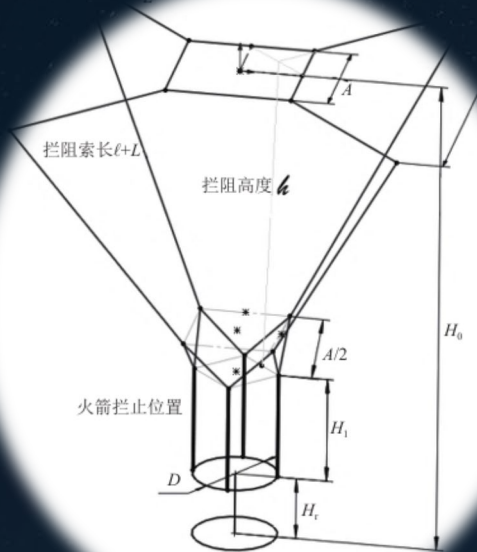


图5 火箭制动过程理论模型
Theoretical model of rocket braking

黄海忠教授团队

哈尔滨工业大学(威海)

提出**基于地面拦阻原理的火箭垂直
着陆回收方案**

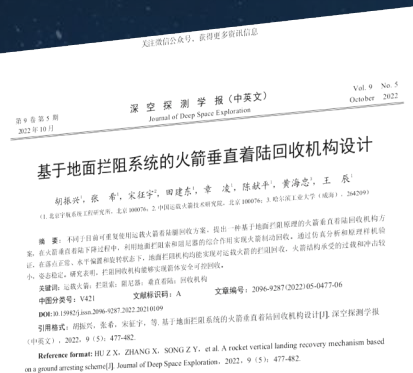
3.2 试验验证

设计制作1:8的火箭垂直着陆回收机构缩比模型,火箭采用直径 $\phi 0.52\text{ m}$ 、质量200 kg的圆筒模拟件,着陆速度约5 m/s,根据回收模型计算,选用100 Nm额定扭矩的磁粉制动器。

分别进行了正常状态回收、偏置状态回收和旋转状态回收,测试回收过程中模拟件的姿态,获得速度和加速度曲线。回收测试试验状态如图11所示,拦阻回收系统对各种工况下落的模拟件均能正常回收。



图11 阻拦回收试验现场
Fig. 11 Blocking and recycling test site



引言

人类自发射载人航天以来,就一直关注火箭回收问题。俄罗斯在20世纪60年代初期研制的“宇宙飞船”中进行了运载火箭回收。美国在20世纪70年代研制的航天飞机也实现了助推器的回收。美国国家航空航天局(NASA)在1993年就提出了“空天飞机”概念,要求发动机、控制等各项技术趋于成熟。火箭回收技术也发展到了较为成熟的阶段。

火箭回收主要有两种方式:
1) 空中回收方案。即在火箭分离后先在空中机动变轨进入地球大气层的返回轨道,接着在低空采用降落伞减速,最后海上溅落或采用气囊缓冲发动机回收。第一次成功应用是1981年“哥伦比亚号”(STS Columbia OV-102)航天飞机回收试验(见图1)。这种方案与地面阻拦回收方式比较,具有成本低、技术成熟、运载能力损失低等优点,但在伞降过程中面临姿态难于控制、落区精度低的问题,且再用的难度和维护成本较高。1998年“阿里安”(Ariane)助推器伞降回收过程中,由于姿态不利,气动载荷较大导致助推器“翻滚”、“堵塞”等问题[1]。早期也考虑过伞降方案,但是发现早期发射的助推器受不了伞降带来的载荷。

2) 动力反推垂直下降方案。空中变轨制动回收跟一般。但在低空变轨发动机反推减速,以垂直下降方

式降落地面。通过着陆腿缓冲着陆过程的冲击载荷,并提供火箭着陆后的稳定支撑。成功应用的有关国家包括美国(“Blue Origin”)的“新谢泼德号”(New Shepard)和SpaceX公司“猎鹰9号”(Falcon 9)火箭(见图2)。这种方案落地精度高、成本可控,但是对发动机性能、姿态技术和着陆腿要求较高,运载能力损失较大。在不影响主发射任务的情况下,回收可靠性相对较高。



图1 航天飞机回收系统回收过程
Fig. 1 Shuttle main engine booster recovery

3) 滑翔飞行水平降落方案。即固体采用翼式飞行器。在变轨制动后,火箭像飞机一样水平降落着陆地面。这种方案又分为动力和无动力两种,后者完全依靠翼身的气动升力进行飞行(与美国航天飞机类似,如图3)。前者是采用带有翼发动机的翼式飞行器。在返回地面过程中启动翼发动机进行巡航飞行。可实现更大的回收区选择(与苏联暴风雪号航天飞机类似)。这种方案在回收精度、回收可靠性、由于设计结构简单重复使用可靠性、大幅提高



— CHAPTER 02 / 03

第二章

火箭为什么 能飞上天？





你推它 · 它也推你

生活中



你用力推墙，墙也在推你——不然你就直接穿过去了！
你往后退，就是因为墙把你推回来了。

大小一样 · 方向相反



火箭上



火箭往下喷出气体，气体就往上推火箭。气体喷得越猛，
火箭飞得越快。这就叫“作用力与反作用力”。

喷得越猛 · 飞得越快

推墙 vs 推火箭 · 同一个道理！



为什么一定要加水？

✕ 只打气



气太轻 · 一喷就没了

瓶子里只有空气，打开后气体“噗”地一下就喷完了，推力很小很小，火箭几乎飞不起来。

推力：极小 | 飞行：基本不动

✓ 加 1/3 水



水很重 · 喷得久推力大

水比重得多，喷出去的时间长、力量大，火箭被狠狠往上推，能飞到二三十米高空！

推力：很大 | 飞行：20-30米高空

就像扔石头比扔纸团费力——水就是火箭的“石头”，气就是“推手”

03

第三章 · CHAPTER 03

动手做一支 水火箭

从材料到成品 · 一起造一支能飞的水火箭

材料准备

整体设计

分步制作





请大家检查一下配件哦！



步骤一、二:如图取吸管穿过橡皮塞孔，放置备用。取三块1号木板和2号木板，如图安装好底座。



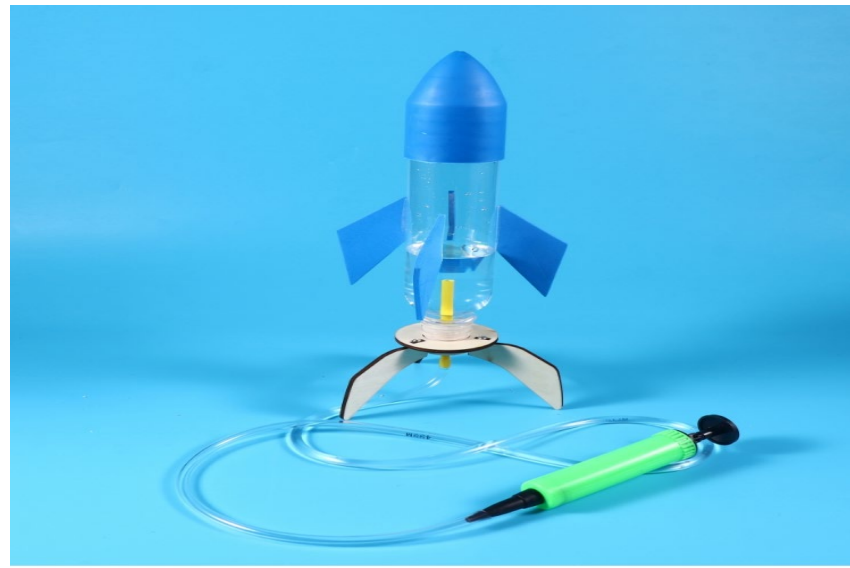
步骤三、四：用螺丝固定好底座，将带吸管的白色圆EVA装入底座，如图所示。



步骤五、六：将软管一头连接吸管，
并取以上部件



步骤七、八：将横切面小的一面用双面胶粘接在塑料瓶上，并将瓶子装水，水的高度要比塑料管更高如图安装。



步骤九：将机身与底座连接，橡皮塞塞的越紧，飞的越高。如图安装。