

美国载人龙飞船逃逸系统紧急启动模拟图

# 最后的保险—— 载人航天器 逃逸系统大盘点

3月31日,美国诺·格公司宣布,猎户座载人飞船的逃逸系统中止发动机成功进行了最后一次全尺寸地面试车,这一新闻让载人航天器的逃逸系统再次引发大家关注。

由于载人航天器对可靠性和安全性要求极高,逃逸系统就成了其必不可少的逃命绝招。新一代飞船的逃逸系统经过多年研发升级,已经呈现百花齐放的繁荣发展局面,未来应用前景广阔。

## 临时“急就章”： 弹射座椅

猎户座载人飞船是美国规划中唯一的深空载人飞船,使用了成熟的逃逸塔设计。然而,当年美苏航天竞赛争先恐后,没办法“慢工出细活”,载人飞船有时只能用一些“急就章”的方法,让后人觉得瞠目结舌。

人类第一位航天员尤里·加加林乘坐东方号飞船进入太空,但恐怕很少有人知道:飞船上为加加林提供安全保障的居然是从战斗机上“移植”过来的弹射座椅。

因为早期苏联火箭运力有限,如果增加沉重的逃逸塔,东方号飞船恐怕就不能入轨了,只好用更轻的弹射座椅,万一火箭发射出意外,及时弹射逃生。此外,这个弹射座椅还用于航天员返回着陆阶段,加加林就是在飞船再入后距离地面7000米高度上弹射跳伞的。

美国最早的水星载人飞船配有逃逸塔,比苏联技高一筹,但到了下一代的双子星飞船,由于火箭运力不足,也不得不放弃逃逸塔,殊途同归地选择从战斗机上“移植”过来弹射座椅。

要知道,弹射座椅这种轻量级逃逸设计的局限性是很明显的,比如双子星飞船的弹射座椅只能在5000米以下高度使用,万一飞船在数万米高度发生事故,航天员恐怕弹射出来也是必死无疑。

后来,美国研制了可重复使用的航天飞机,技术比传统飞船更先进,但研制过程中超支和超重情况十分严重。为了降低研制成本和发射质量,研制方不得不取消了紧急救生专用的固体逃逸火箭。

当然,美国宇航局对外很自信地表示,航天飞机可靠性很高,不需要“落后”的逃逸火箭。

不过,早期4次任务中,航天飞机还是装有改进后的弹射座椅,可以在不高于24000米高度和不超过4马

赫速度下弹射。虽然其性能比双子星飞船的弹射座椅大有提高,但可用时间只有航天飞机动力飞行阶段的约1/5,本质上仅能起到对航天员的心理安慰作用,于是从航天飞机第5次任务就取消了。

## 最成熟的选择:逃逸塔

弹射座椅毕竟只是聊胜于无的临时产物,在载人航天事业早期被无奈选用,而美国发明的逃逸塔是更有效的逃命绝招。

1958年,美国人马克西姆·法吉特提出“用小火箭拉着飞船从主火箭上分离”的设想,属于最早的逃逸塔概念。1960年,美国试验了最早的逃逸塔,验证了这项技术的可行性。

简单地说,逃逸塔是塔状救生系统,安装在主火箭、飞船顶部。如果主火箭发射出现意外,逃逸塔顶部的固体火箭会紧急点火,瞬间爆发大推力,加速快,拉着飞船脱离主火箭,尽量保障航天员的生命安全。

美国的水星飞船和阿波罗飞船都使用了逃逸塔设计,新一代的猎户座飞船逃逸塔则应用了新技术。

挑战者号航天飞机事故后,美国宇航局重新选择了逃逸塔等传统措施。未来要担当大任的猎户座飞船十分沉重,其逃逸塔性能指标也很高,比如逃逸火箭总推力超过220吨,能拉着26吨重的猎户座飞船尽快加速,飞到1.6公里外,确保航天员少受可能的爆炸伤害。

联盟号飞船也使用了逃逸塔,其设计十分完善和成熟,堪称当今飞船逃逸系统的经典。从发射前20分钟到发射后100多秒的时间里,都是逃逸塔“大显身手”的场合。

不过,这里有个问题:逃逸塔分离比整流罩分离早,会不会耽误救援?联盟号飞船研发团队对此考虑充分,从联盟7K-S飞船开始,整流罩上安装了4个分离发动机,填补了整流罩分



苏联东方号飞船配备的弹射座椅

离前的安全“空白”。

2018年联盟MS-10飞船任务中,火箭助推器分离时,1枚助推器撞到芯级,使芯级自动关机。当时整流罩上的逃逸发动机带着飞船迅速脱离,让航天员安全返回地面,完美经受了现实考验。

## 整合的新趋势： 自备动力逃逸

2014年,美国宇航局发布合同,资助SpaceX公司和波音公司各自研制商业载人飞船,承担运载美国航天员往来国际空间站的重任,争取摆脱对俄罗斯联盟号飞船的依赖。两者设计更为创新、激进,其飞船逃逸系统就让人眼前一亮。

SpaceX公司的载人龙飞船已经投入使用,前不久还执行了首次全商业载人空间站旅游任务。

载人龙飞船乘员的逃命措施当然不是弹射座椅,也比成熟的逃逸塔更为先进和可靠,正式名称是自备动力逃逸系统。因为逃逸发动机在飞船下方,一般其又被称为推式逃逸系统,体格更紧凑,是未来发展方向之一。

具体来讲,载人龙飞船侧面装有4组8台超级天龙座发动机,能提供约58吨推力,为飞船提供至少3.5g的过载。地面的发射台逃逸试验时,其最大过载达到6g。虽然这个指标比常见的固体逃逸火箭低得多,但也基本够用了。

推式逃逸系统的重要优势在于,逃逸系统发动机和轨姿控发动机共用液体推进剂。飞船正常飞行时,

推进剂用于变轨和姿态控制。火箭发射出现事故时,飞船不可能再继续入轨,逃逸系统就利用这些推进剂赶紧逃命。也就是说,无论飞船发射成功与否,推进剂都物尽其用,那么逃逸塔带来的运力损失更令商业航天运营者心疼了。

此外,推式逃逸系统省掉了细长的逃逸塔,降低了火箭长径比,可靠性更强。而在载人龙飞船上,这种逃逸系统能重复使用,节省了综合成本,备受青睐。

推式逃逸系统也被波音公司的星际线飞船使用,但4台逃逸发动机装在飞船底部,避免了载人龙飞船侧面安装所带来的推力损失。不过,星际线飞船下方的服务舱不会重复使用,逃逸系统也是一次性的,综合成本要明显高于载人龙飞船。

据公开资料显示,我国新一代载人飞船很可能也采用推式逃逸系统,将助力航天员们更安全地探索更远的深空。

逃逸塔曾成功抢救联盟号飞船的航天员。

## 相关链接

### 长征二号F火箭逃逸系统为航天员提供安全保障

航天是一项“高危”活动,尤其在火箭发射阶段风险极大。航天专家庞之浩介绍,实施载人飞船发射任务过程中,航天员有几种逃生方式。

首先是在火箭发射前。庞之浩说,发射塔架上设有紧急滑道,如同一个软管,从塔架上直通地面。如果火箭或飞船出现紧急故障,而航天员已经爬上塔架,可以通过滑道迅速回到地面。我国从苏联学来该技术,所有航天员都要经受这项训练。

如果航天员已经坐进飞船,想迅速离开就不那么容易了。在发射阶段,飞船受到的最大威胁来自火箭,如果其在发射台起火爆炸,起飞后姿态失控,都会危及航天员生命。细心人可能会注意,发射载人飞船时,火箭顶端有个像天线一样的装置,它就是航天员的另一个“生命通道”——逃逸塔。

我国的逃逸塔由中国航天科技集团四院研制,塔高8米,上面装有逃逸发动机,下端连接航天员座椅。它的工作时间从火箭发射前30分钟至起飞后120秒之间,高度覆盖地面至40公里范围。无论火箭是在塔架上还是升空后出现故障,它可以迅速带着飞船与火箭分离,帮助航天员脱险。

按照我国长征二号F火箭的飞行时序,逃逸塔需在火箭起飞120秒后分离,接下来将由整流罩“接班”,继续保障航天员安全,直至飞行212.5秒后整流罩脱离。庞之浩说,如果火箭在飞行高度40公里至110公里之间出现故障,整流罩上的高空分离发动机将开始工作,帮助航天员返回。

由逃逸塔和整流罩组成的这套逃逸系统固然重要,却也不能太“敏感”,如果稍有风吹草动就“逃跑”,不仅会给航天员增添额外风险,也将导致任务无功而返。为此我国于2002年在神舟三号飞船上开展了相关试验验证,以确保这套系统在紧急时能迅速响应,而不该逃时也不会“抢跑”。

据《中国航天报》《科技日报》

