

第一时间 破解裂纹之谜

对舷窗裂纹进行成因溯源与安全性评估,是这场攻坚战必须攻克的第一道难关。

2025年11月5日,神舟二十号返回任务被按下紧急暂停键。在计划返回前一天对飞船返回舱的例行检查中,神舟二十号航天员乘组发现舷窗的边缘有一个局部的异常现象。中国航天科技集团五院载人飞船系统总设计师贾世锦在航天员报告这一突发情况后的第一时间收到了现场照片。

贾世锦介绍:“舷窗边缘有一个三角形的痕迹。尺寸并不是很大,我们第一眼看到下行的照片之后,感觉不太好判断它是一种什么东西,像是被一种漆什么的粘在上面似的。按照指令,神舟二十号航天员在不同的角度、不同的光线情况下对异常位置进行拍照,同时利用空间站机械臂上的摄像机从舱外对舷窗进行辅助拍照。照片传回地面,地面组织了国内十多个玻璃相关行业的专家对损伤情况进行研判。”

贾世锦说:“首先这个地方是不是裂纹,另外这个裂纹,是不是贯穿性的裂纹,还是只是表面的裂纹?都要把它说得清楚才行,不能笼统地说可能是裂纹。大家最终统一意见,是出现了裂纹,而且有贯穿性的裂纹,整个玻璃从内表面到外表面已经贯穿了。我们也觉得很不可思议,因为毕竟打中飞船的概率已经很低了,又打到舷窗这个地方,可能概率更低,所以最开始看到觉得难以置信。”

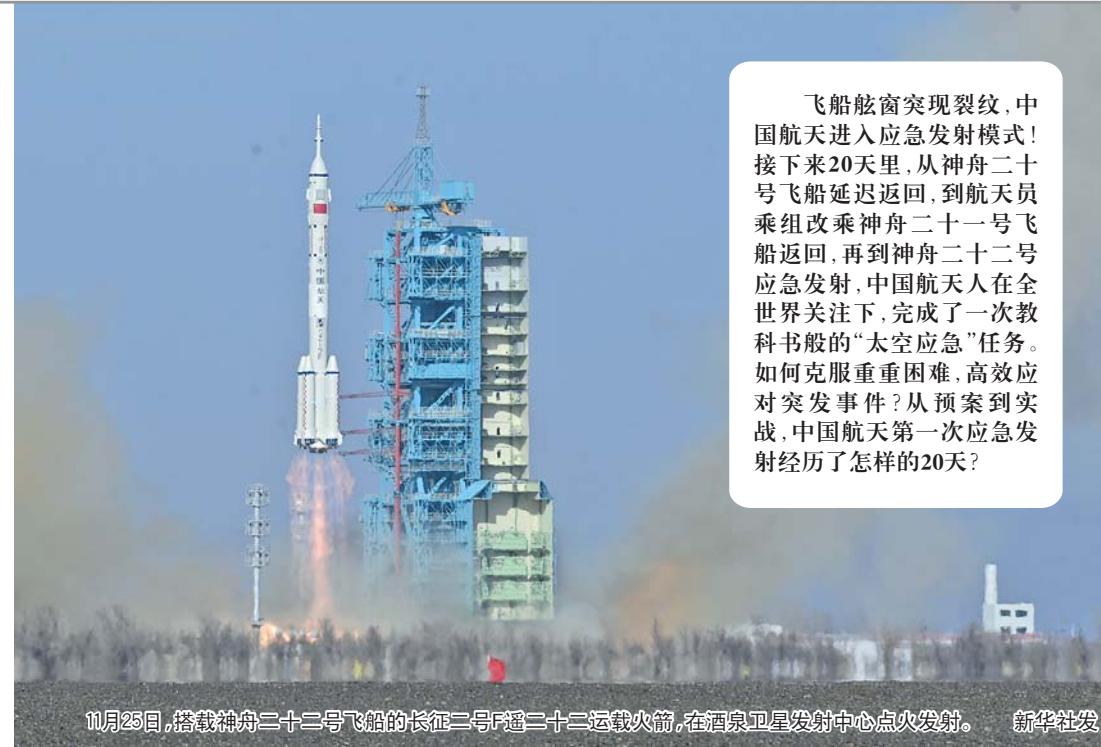
飞船舷窗是三层结构,最外侧是防热层。返回大气层时,舷窗要承受1000℃以上的摩擦高温,防热层就是第一道防线。这道裂纹,等于给安全开了个口子。确认是裂纹后不到12个小时,任务总指挥部就做出了神舟二十号返回任务推迟的决定。

接下来,工程面临的最重要的任务,就是对这个裂纹进行安全性的评估,同时对神舟二十号飞船舷窗的研制生产过程,包括试验数据、照片等等进行仔细地复核。

贾世锦说:“我们要确定,产品设计之初是不是还有什么缺陷?是不是因为设计缺陷,造成了玻璃在轨出现了裂纹,这是我们最不放心的地方。查完了之后,我们对我们的产品应该说更放心了,无论当时的设计理念,设计方案,包括我们地面做的试验验证工作,都证明当时的设计是没有问题的,造成这个裂纹的最大可能性,应该就是空间碎片,因为这个玻璃硬度还是很高的,包括它的厚度也是很厚的。我们在地面做试验,曾经想模拟这个玻璃出现了裂纹,一般的工具都是砸不出来的,我们都得上锤子才行,我们现在分析,它是打在舷窗的侧面,就是周边,在那个地方,因为涉及类似于倒角这些地方,它跟整个平面相比,特别容易产生应力集中。”

护航航天员 快速回家

为了明确有裂纹的玻璃在返回的过程中会出现什么样的变化,地面团队做了大量的仿真分析和试验,并邀请国内两家权威科研机构开展了背靠背的风洞试验。



11月25日,搭载神舟二十二号飞船的长征二号F遥二十二运载火箭,在酒泉卫星发射中心点火发射。 新华社发

太空应急20天

神二十舷窗现裂纹,中国航天首次应急发射的背后故事

□延伸阅读

“神舟二十二号航天员乘组”成为永远空缺的序列号

随着神舟二十二号应急发射,后续飞船的研制节奏已全面提速。原定明年3月出厂的神舟二十三号飞船,预计将提前两个月完工;神舟二十四号飞船也瞄准明年夏季的出厂目标,全力推进。由于航天员乘组编号通常与所执行的飞船任务编号一致。下一个乘组将被命名为“神舟二十三号航天员乘组”,这意味着“神

舟二十二号航天员乘组”在序列中永远空缺。

永远空缺的神舟二十二号乘组意义在哪里?中国航天科技集团贾世锦说:“这是对整个工程全线的一个提示,就是我们永远不要认为我们的工作已经做到了100分。对于载人航天来说,工作永没有止境,100分是我们永远追求的目标,必须向着那

个方向不断努力。哪怕工作做到了,还有空间环境,还有不确定性,我觉得恰恰也是对大家一个警示:连续成功之后,大家还要继续保持清醒,继续保持警醒,继续保持工作的标准,不但不能降,而且我觉得还要更高。只有这样,我们才能实现后面的连续成功。”

据央视新闻

2025年11月8日,一个专项评审会在航天城召开。会议明确,神舟二十号飞船已经不满足载人安全返回的放行条件。

中国载人航天工程办公室主任助理工程新闻发言人季启明介绍,从神舟十二号开始,中国载人航天就采取了“打一备一,滚动备份”的策略,即每发一艘飞船,地面要备份一艘飞船,一旦启动应急发射,就由待命转到应急状态的测试工作。神舟二十号突发状况时,神舟二十一号的备份船神舟二十二号已经在酒泉卫星发射中心待命值班。任务总指挥部当时最主要的课题,就是研究明确神舟二十号飞行乘组的返回方案。

第一个问题是,神舟二十号航天员乘组,要坐哪一艘飞船回来,这里面有两个选项,一个是乘坐神舟二十一号飞船,另外一个选项就是坐神舟二十二号飞船。最终选择了神舟二十一号飞船,因为神舟二十一号飞船,它的状态和神舟二十号飞船的状态,是基本一致的,而神舟二十二号飞船,它的返回舱的仪表板和舱内的布局做了一些优化升级,状态更改的变化要大一些。

第二个问题是返回时机,这里面也有两个选项,一个就是神舟二十号乘组先回来,然后再发射神舟二十二号飞船。那第二

个选项就是,神舟二十二号飞船发射上去,神舟二十号航天员,再坐着神舟二十一号飞船回来。

我们是选择了先返回后发射,因为空间站的状态,所有的对接口都是满的。如果神舟二十二号飞船先发射,我们必须要把空间站停靠的,一艘载人飞船或者是货运飞船,要把它先撤离,让出一个对接端口,这样我们神舟二十二号飞船才能对接上去。这种撤离,让出,再发射,整个过程组织起来相对更加复杂,而且神舟二十号航天员,在轨等待的时间也相对更长。所以这两个方案比较,我们认为先返回后发射这个方案,会更加优化。

2025年11月10日,工程正式启动应急预案和措施,决定神舟二十号航天员搭乘神舟二十一号飞船返回,同时启动神舟二十二号16天应急发射任务。

中国航天员科研训练中心、航天员系统副总设计师吴大蔚介绍:“中国的载人航天工程,对于风险意识和应急救援意识,一直是非常高的,我们二十乘组,在飞行之前,对二十一船就做了相应的训练,现在的二十一乘组,对于二十二船也做了全面的训练。”

11月14日14时49分,北京航天飞行控制中心通过地面测控站发出返回指令,神舟二十一号载人飞船轨道舱与返回舱成功分离。

神舟二十号航天员陈冬、陈中瑞、王杰顺利“改签”神舟二十一号载人飞船,踏上了回家之路,跟他们一起回家的,还有4只备受关注的小鼠,这4只原定“短期出差”5至7天的实验小鼠,因飞船推迟返回,经历了两周的“超长加班”。

神舟二十一号飞船采取的是3圈自主快速返回模式,这也是北京航天飞行控制中心首次实施这一方案,相比传统5圈返回,飞船从离开空间站到返回地球的时间缩短了3个多小时。神舟二十一号飞船能实现由5圈缩短至3圈返回,关键的改进在于返回制动参数由地面计算改为船上自主更新计算。因任务调整,该方案实施时间大大提前。神舟团队和飞控人员抓紧开展多轮复核算,包括方案正确性复查、飞行程序合理性复查、算法逻辑正确性复查、自主计算结果有效性确认,以及调整后故障预案的复查等,确保飞船归途尽在掌握。

2025年11月14日16时40分,神舟二十一号载人飞船返回舱在东风着陆场成功着陆。在此之前,一直在着陆场待命的地面搜救团队根据神舟二十一号返回的时间、落点预测,空中直升机巡逻路线、地面车辆集结点进行了重新演练。历经9个日夜的等待,神舟二十号航天员陈冬、陈中瑞、王杰终于平安归来。

决胜首次 应急发射

神舟二十号飞船撤离空间站后,神舟二十一号航天员乘组要经历一个短暂的空窗期。舷窗玻璃受损的神舟二十号飞船只能作为临时极端情况下的避险飞船,而无法带他们安全返回地球。尽快将神舟二十二号飞船发射升空,成为中国载人航天“生命至上、安全第一”原则指导下的必然选项。

季启明说:“我们设计了两种流程的方案:一种时间长一点,16天;一种短一点,8.5天。空间站目前是安全稳定的,所以我们就采用了16天的流程。”

正常情况下,发射一发长征二号F火箭需要三十多天的准备时间,在神舟二十号出现异常情况之前5天,也就是10月31日,酒泉卫星发射中心刚刚完成了神舟二十一号的发射任务。

酒泉卫星发射中心测试发射领域责任总师贺鹏举说:“我们立刻启动了响应机制,我们先要把16天的流程与在场执行的卫星发射任务之间的关系理顺,辨识中间的矛盾点和冲突点。”

应急预案启动后,同样忙碌的还有神舟飞船的设计研制团队。同一个时段里,他们要考虑神舟二十一号返回,神舟二十二号发射、神舟二十号后续返回、神舟二十三号以及神舟二十四号的出厂提速,五线并行。

贾世锦介绍:“无人发射跟有人发射相比,看似只是少了三个航天员,其实变化也挺大。我们原来人为操作的一些项目,现在在轨没有办法让航天员来操作了;有一些故障预案,原来可以航天员进行处置,现在我们没有办法让航天员再处置了,我们必须重新完善预案。神舟二十二号跟神舟二十一号相比,最大的一点不同其实就是对仪表进行了升级换代。原来飞船上的仪表体积比较大,现在我们把它进行了小型化,这样就可以多带很多样品回来。”

2025年11月25日12时11分,搭载神舟二十二号飞船的长征二号F遥二十二运载火箭,在酒泉卫星发射中心点火发射。神舟二十二号飞船为无人状态,这次任务是中国载人航天工程第一次应急发射任务。

15时50分,神舟二十二号飞船成功对接于空间站天和核心舱前向端口。此次对接采用快速自主交会对接模式,用时3.5小时。对接完成后,由于神舟二十二号是无人状态,舱门的开启需要由神舟二十一号航天员来操作。

贾世锦介绍:“以前设计应急发射任务的时候,就知道航天员要从舱外开舱门,这是一个必然的操作项目,所以我们在空间站里面配备了从舱外开门的钥匙,并让航天员盘点空间站里的舱门钥匙,确认钥匙都在,且是完好的,也让他们进行了跟舱门的匹配练习。”

随着神舟二十二号飞船返回舱舱门顺利打开,一场持续20天、牵动无数人心弦的“太空应急大考”画上了圆满的句号。此次发射的神舟二十二号飞船,除了装载航天食品、新鲜果蔬,还上行了针对神舟二十号飞船舷窗裂纹的处置装置。

据央视新闻、人民日报