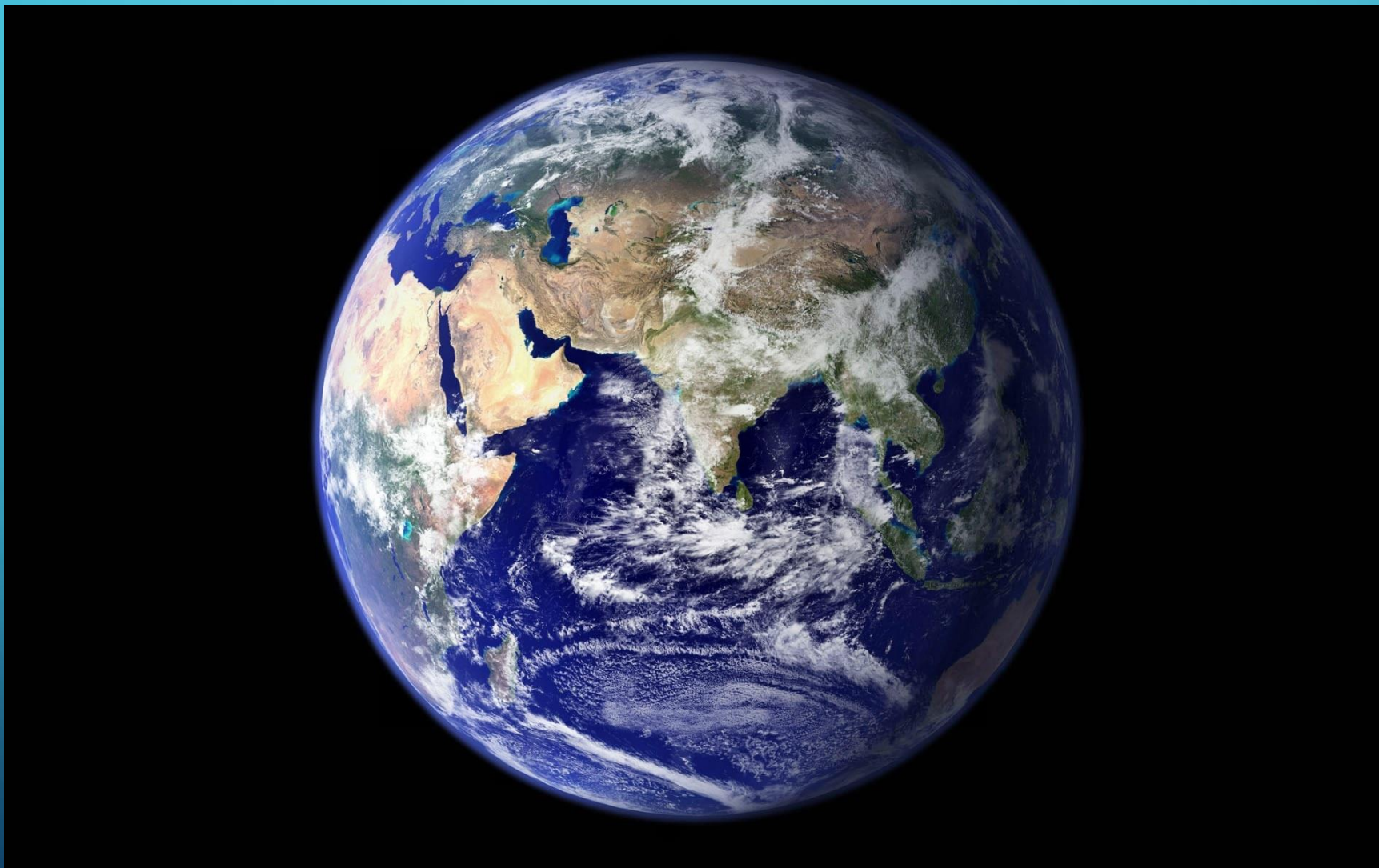




神舟飞船的防热衣

罗丽娟 · 中国运载火箭技术研究院高级工程师

Q: 深空探测?



Q：深空探测？

□ 离开地球，移民

- ◆ 不可抗灾难

- ◆ 核战争、基因工程病毒、全球变暖、人工智能

□ 我们是谁？从哪里来？到哪里去？

□ 开发资源

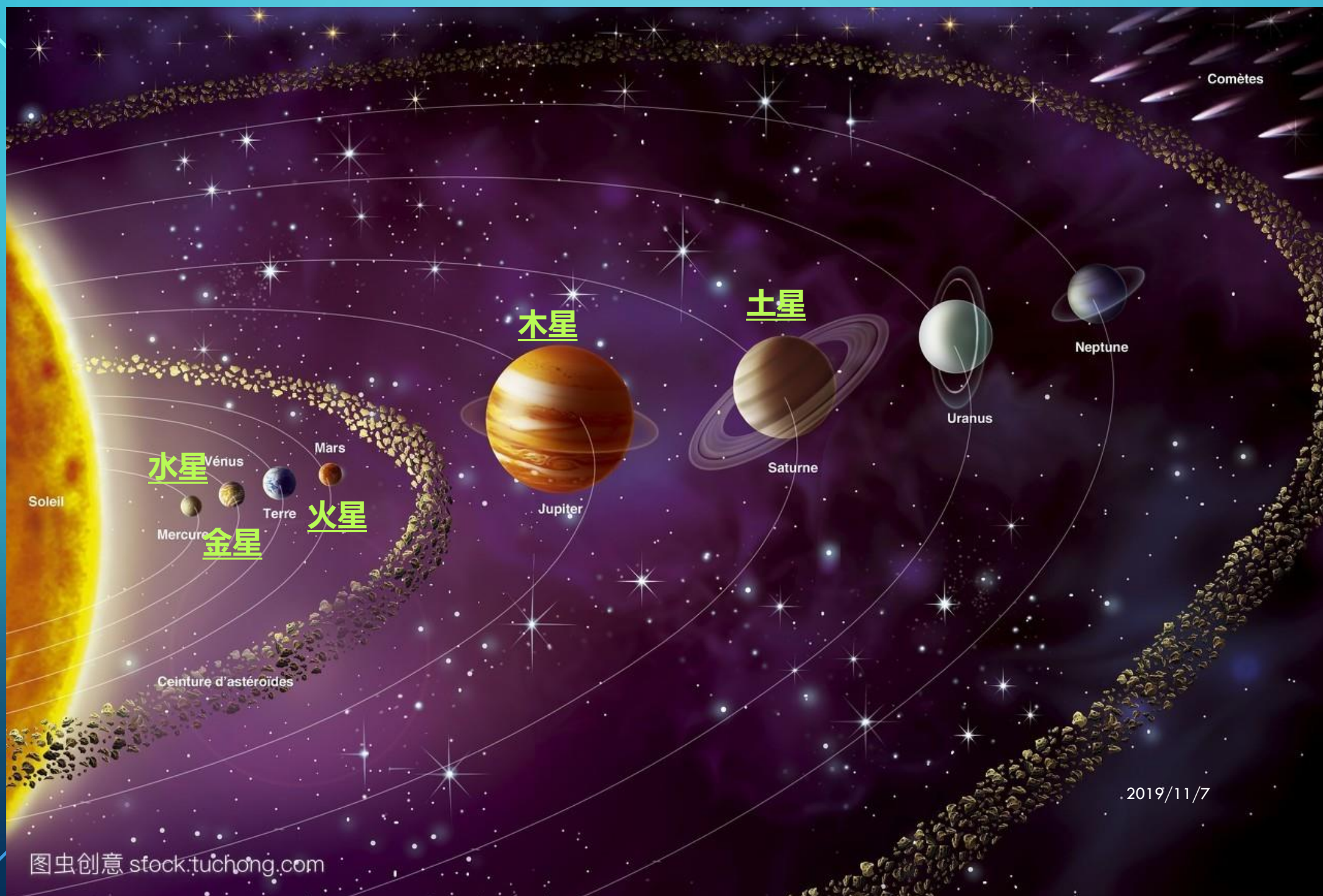
□ 科学技术发展的催化剂

□ 国家安全





阅兵



Comètes

木星

土星

水星

金星

火星

Soleil

Mercure

Terre

Mars

Jupiter

Saturne

Uranus

Neptune

Ceinture d'astéroïdes

2019/11/7

CCTV 13
新闻
轨-返解锁

9/20

神舟十一号正在返回

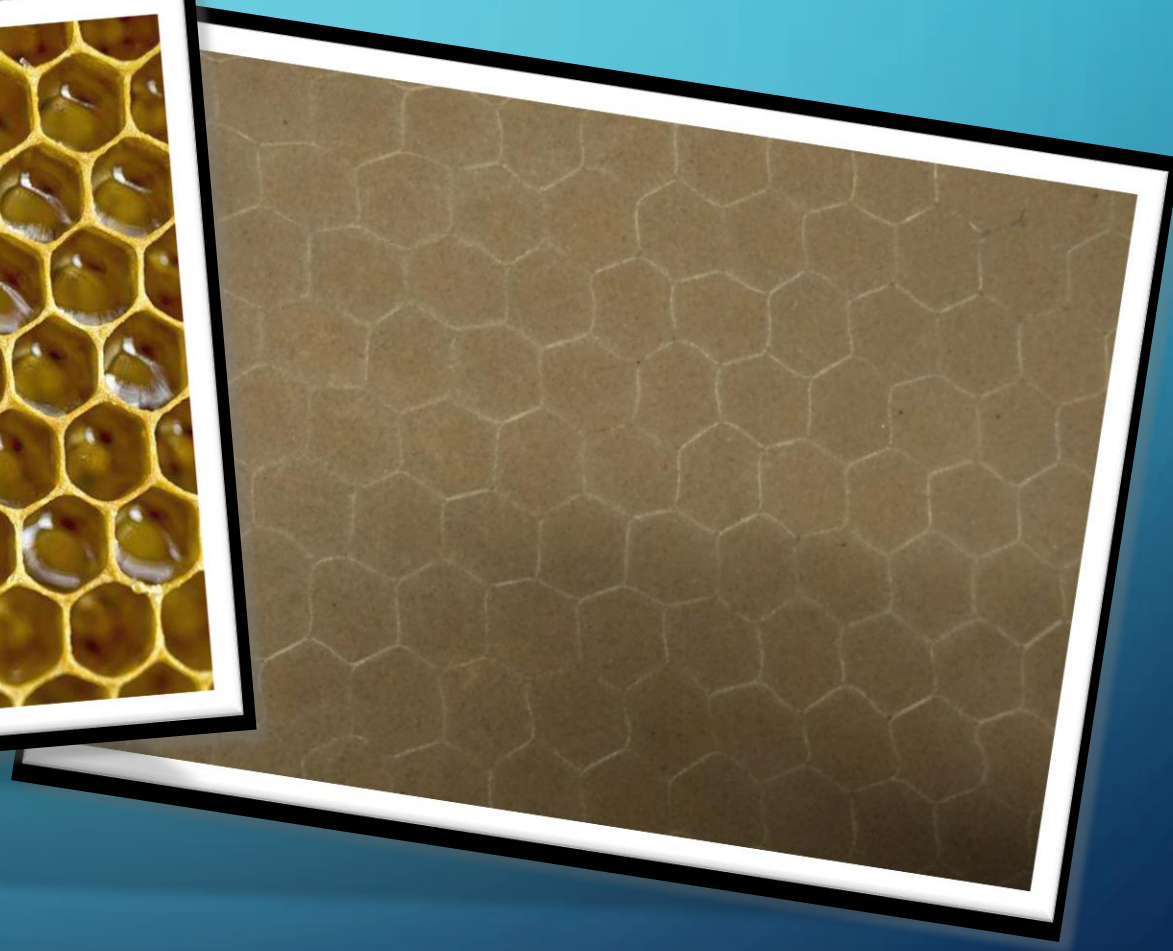
返回舱第一次姿态调整

经度: 3.985度

纬度: -29.104度

高度: 394.520千米







高低温交变



从神舟舷窗看地球的照片







	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	A1	B1	C1	D1					
2	A2	B2	C2	D2					
3	A3	B3	C3	D3					
4	A4	B4	C4	D4					
5									
6									
.....									
.....									
96									
99									

H88
H96



1986



1992.9.21



1999.11.20



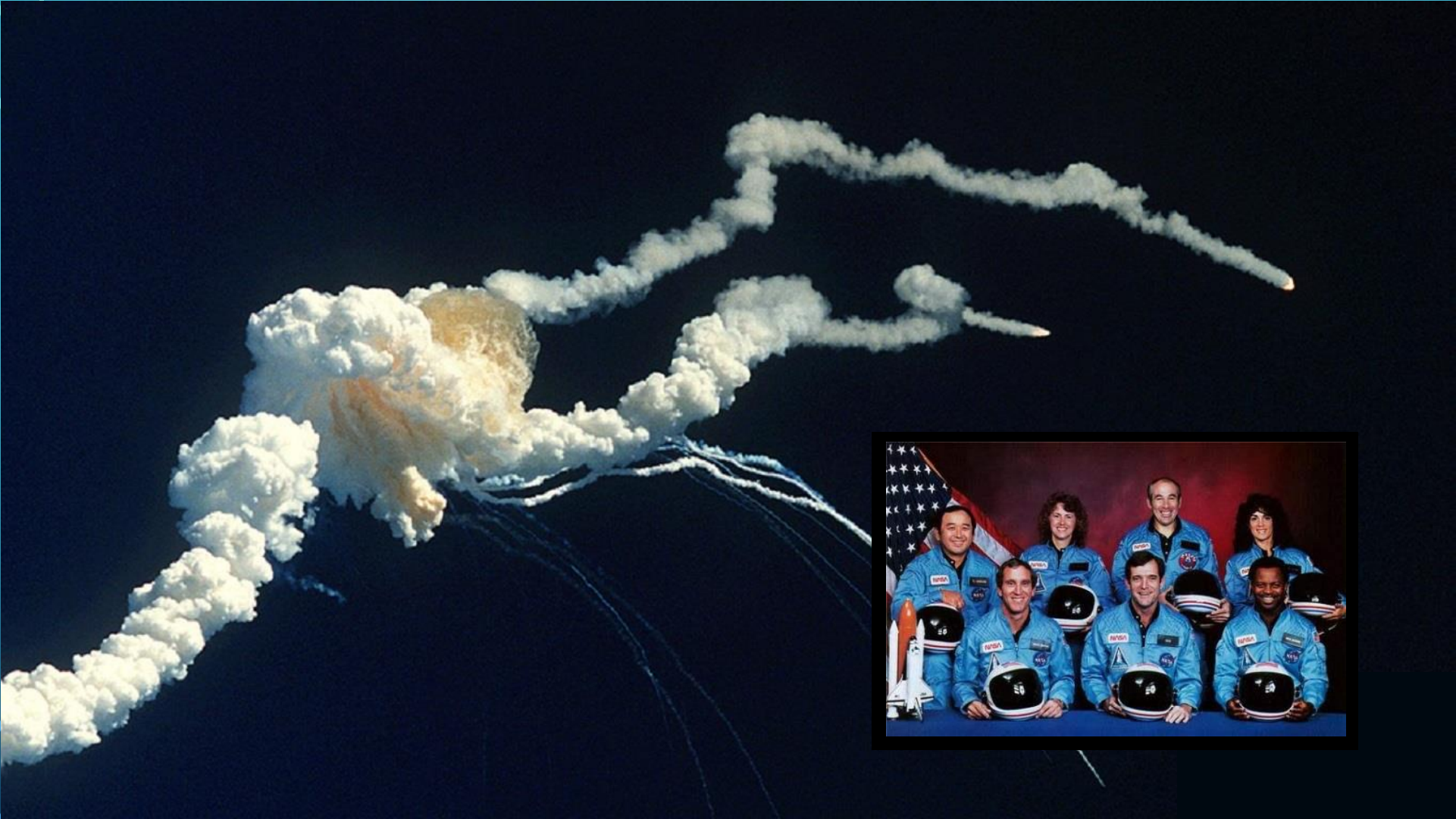
2003.10.15



2011.1



2014.11.1



归

零

问题概述

问题定位

机理分析

问题复现

措施及验证

举一反三





美国先后发展了“水星”、“双子座”和“阿波罗”三代载人飞船。“水星”飞船采用比较成熟的薄壁式再入,返回舱则采用辐射隔热结构,大量采用高密度(1.73g/cm³)玻璃/树脂隔热材料。工艺方法是采用斜切的预成型手糊成型,因玻璃/树脂隔热材料密度较高,隔热性能差,隔热效果不理想。

“双子座”飞船是美国的第二代载人飞船,其外形与“水星”相似,但进入方式为主升力弹道式再入,再入时间比“水星”长,所以对其防热材料的性能提出了新的要求。返回舱底部采用蜂窝状隔热和热防护结构,大底斜角处热流密度较大处采用高密度陶瓷瓦片/布型层,其余部分采用了一种新型的防热材料—低密度防热材料。它是一种在玻璃纤维筒内填充DC—325甲基硅橡胶基体并含有空心玻璃微珠的复合材料,其密度为0.85g/cm³,它的成型工艺方法是首先成型纤维增强筒壳,然后将能流动的低密度防热材料预聚料浇注到筒壳上,用振动的办法把预聚料浇注到每个蜂窝孔里,最后加热固化。“GT—2”的实际飞行试验证明,采用低密度防热材料的防热护系统是可靠的。

“阿波罗”飞船是美国第三代载人飞船,不同于前两代飞船的地球轨道再入,它是从月球轨道返回地球大气层,因此再入环境要苛刻得多。整个返回舱采用全钛合金方案,大面积耐热材料也是采用低密度烧蚀材料,它是美国阿波罗舱内填充有机环氧树脂单体并含有石蕊纤维空心微球颗粒的一类材料,材料名称为AVCOAT 5026-39。它的成型工艺方法是采用注射把经过预热的预聚料注射到各个蜂窝格子里,由于材料的膨胀,产生气泡,因此必须在前固化进行X光检测,对有缺陷的蜂窝格子进行补充充注,最后真空加热固化成型。

美国前几代飞船的发展动机主要源于政治、理论和宇宙探索方面的原因。进入八十年代以来,由于空间轨道试验和航天任务发展的需要,航天活动特别是和平利用空间计划的增加,各有关公司又在探索发展新的弹道式返回航天器。美国通用电器公司从八十年代开始研制一种“反复杂收的地球—轨道生产系统”(A Cycler Harvested Earth/Orbit Production System)飞船,即CHEOPS飞船。目的在于降低有效载荷成本,提高功效,并作为航天飞行器工具的有价补充。它也采用全绝热防热方案。材料为增强度纤维增强胶(ESM 1004)树脂,鼻锥材料密度为 0.897g/cm^3 ,侧壁材料密度为 0.545g/cm^3 ,尾部材料密度为 0.256g/cm^3 。在CHEOPS飞船热防护系统的设计中,探索了部分重复使用防热结构的可行性,即将防热材料的厚度增加到一定量。在两次飞行间仅

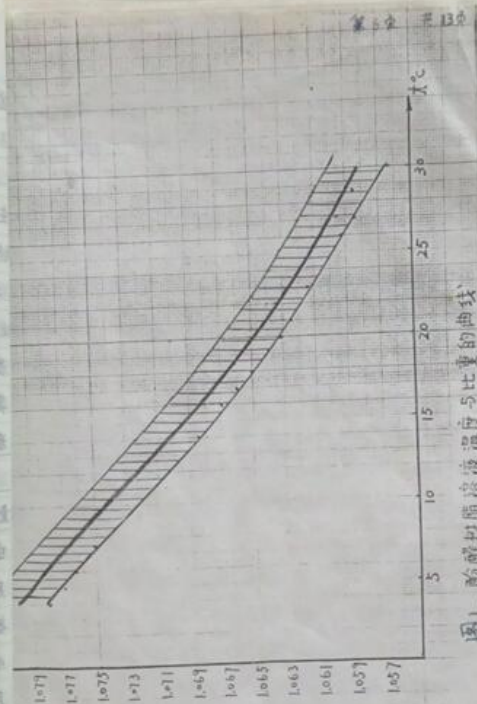


图1. 酚醛树脂溶液温度与比重的曲线

结构松摆不牢。通过辟荒加强。提高了绝产
：烧煤材料也相应烧煤性能。

院所般主要工作是进行总、双层蜂蜜及其
构成型工艺。蜂蜜及其层结构性能研究。
在蜜蜂的蜂蜜品子生长、发育、脂肪含量等
有性能。确定适宜蜂蜜空间要求时能控制。
对蜂蜜性能结构种和结构加工方法等进行研

二、蜂窩芯子成型工藝和性能

当低密度聚乙烯材料的配方确定后，就要解决燃烧蜂窝的制造问题。目前国内的边长 10mm 的蜂窝芯子，其制造工艺均采用预成型法或扎孔法，但前者在燃烧材料包覆过程中容易出现缺陷，另外，密度大也是严重问题。表 1 是 5mm、8mm 边长蜂窝芯子的数据。用 8mm 边长的蜂窝芯子，孔隙数目为 5mm 边的 44%，密度为 76%，这样大大降低了填充低密度燃烧材料的二分量，并有利于提高燃烧稳定性质量。

制定标准亦不使用此法如果按传统做法

Manned Reentry Vehicles

0 2 4
meters

Vostok
1961



Mercury
1962



Voskhod
1964



Gemini
1965



Soyuz
1967



Apollo
1968



Shenzhou
2003



Dragon V2
2016



CST-100
2017



Orion
2021



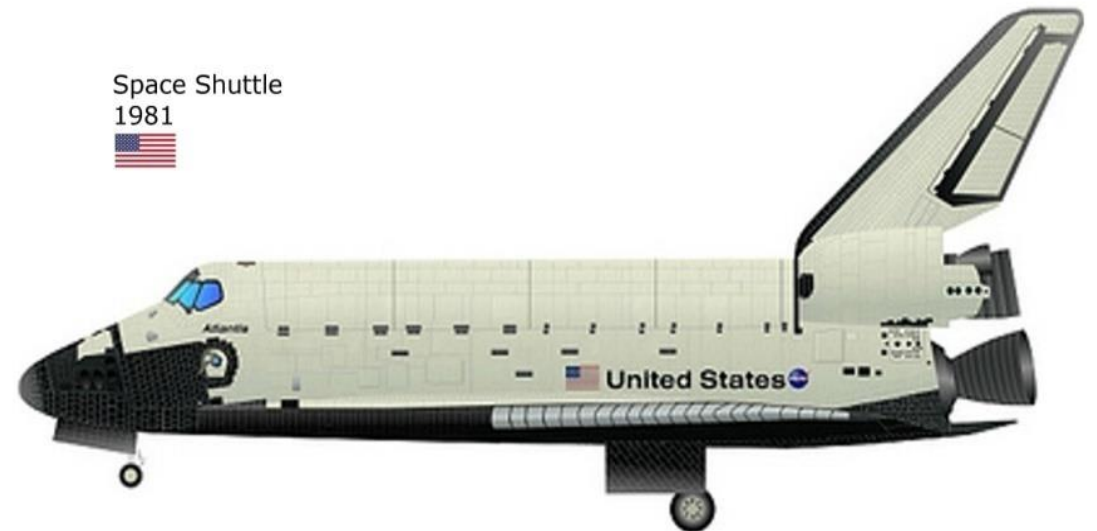
PPTS
2024



Dream Chaser
Unknown



Space Shuttle
1981





**苍穹划破，光耀九州寰宇；
风华燃尽，守护神舟归来！**

新时代·新青年
九分钟太空归途的生死守望



中国航天
CHINA SPACE

已知的事物是有限的，未知的事物是无穷的；我们站立在茫茫无边神秘莫测的汪洋中的一个小岛上。继续开拓是我们每一代人的职责。

——赫胥黎