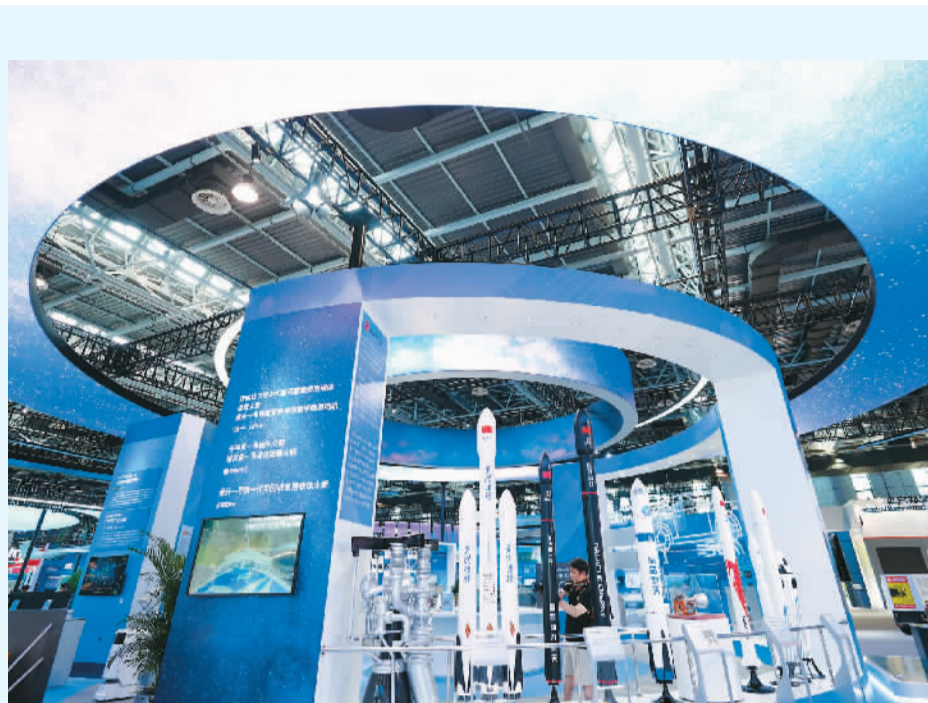


# 航天器“重复用” 往返太空更便捷

本报记者 刘 晓

日前，中国在酒泉卫星发射中心运用长征二号F运载火箭，成功发射一型可重复使用的试验航天器。试验航天器将在轨运行一段时间后，返回国内预定着陆场，其间将按计划开展可重复使用技术验证及空间科学实验，为和平利用太空提供技术支持。

航天器的可重复使用技术是国际航天领域的焦点之一，也是中国建设航天强国的重要一步。作为前沿航天技术，可重复使用航天器不仅可以“降本增效”，而且有望让太空旅游成为可能。



在2023年中关村论坛展览现场，航天科技区域展出了可重复使用液氧甲烷发动机等诸多新成果。  
本报记者 贺 勇 摄

## 技术研究有突破

可重复使用航天器是指可以重复使用、能够迅速穿越大气层、自由往返于地球表面与太空之间、运送乘员和有效载荷的航天器，也可以指较长时间在轨停留和机动、完成各种任务的航天器，包括载人飞船、货运飞船、推进飞行器、行星着陆器、航天飞机等。

2023年12月14日，中国成功发射一型可重复使用的试验航天器。在此之前，中国曾分别于2020年9月4日和2022年8月5日发射过可重复使用航天器。其中，2022年发射的可重复使用航天器，在轨飞行276天后成功返回地球，标志着中国可重复使用航天器技术研究取得重要突破，后续可为和平利用太空提供更加便捷、廉价的往返方式。

中国载人航天工程办公室主任郝淳此前表示，为进一步提升工程的技术水平和能力，中国将研制新一代载人运载火箭和新一代载人飞船。其中，新一代载人运载火箭和新一代载人飞船的返回舱都可以实现可重复使用。

去年底，美国X-37B“轨道实验飞行器”搭乘“猎鹰9号”运载火箭成功进入太空，执行第七次飞行任务。X-37B飞行器于2010年首飞，由美国波音公司制造，长约9米，翼幅约4.6米，外形类似航天飞机，

但体积只有航天飞机的1/4，部分供电来自太阳能。这种飞行器配备自动着陆系统，由火箭送入太空，返回时像飞机那样在跑道上滑行降落，可重复使用，但不载人。该飞行器能够执行通信中继、地面观测等任务，具有广泛的军事和民事用途。

## 解决成本和产能问题

可重复使用也是运载火箭发展的必经之路，将成为人类大规模进出空间的重要途径。近年来，中国在一次性运载火箭的技术基础上开展可重复使用运载火箭的相关技术攻关，取得了积极进展。

2021年7月16日，由中国航天科技集团一院研制的亚轨道重复使用演示验证项目运载器在酒泉卫星发射中心成功首飞。2022年8月26日，由中国运载火箭技术研究院自主研发的升力式亚轨道运载器重复使用飞行试验获得成功。

亚轨道重复使用运载器可作为升力式火箭动力重复使用航天运输系统的子系统，是航天航空技术的高度融合体。这些成功的飞行试验，有力推动了我国航天运输技术由一次性使用向重复使用的跨越式发展，为重复使用天地往返航天运输技术发展奠定了坚实基础。

一次性运载火箭长期是人类进入空间的主要运输方式，为什么要发展可重复使用的运载火箭？中国科学院院士、

中国航天科技集团科技委主任包为民指出，随着进出空间规模需求的快速增长，一次性运载火箭在发射成本、履约周期和产能需求等方面均面临巨大挑战，发展可重复使用运载火箭能够很好地解决以上问题。

包为民说，综合来看，可重复使用运载火箭在发射成本和发射频次上相比一次性使用运载火箭具有明显优势，是实现1小时全球抵达、天地往返运输等大规模、低成本进出空间运输系统的重要途径。

## 形成多种技术方案

早在20世纪五六十年代，人类就已经开始了对重复使用航天运输系统相关技术的探索。经过几十年发展，主要航天大国和地区已拥有不同程度的重复使用技术储备，形成了多种典型的重复使用运载器方案。其中，根据入轨级数，可分为多级入轨方案和单级入轨方案；根据起降方式，可分为垂直起降方案、垂直起飞水平着陆方案、水平起降方案；根据回收方式，可分为部分重复使用方案和完全重复使用方案等。

目前，火箭发动机技术已经相对成熟，是首选的推进方式，而组合动力则是未来重要的发展方向。火箭动力两级入轨重复使用航天运输系统的一级，是国内外重复使用技术关注的焦点。

美国太空探索技术公司的“猎鹰9号”就是可重复使用的运载火箭，其利用重复使用带来的低成本优势，在全球商业航天发射市场发展迅速。过去1年，“猎鹰9号”发射30余次。近日，“猎鹰9号”火箭携“龙”飞船，将美国私营企业公理航天公司组织的“私人”宇航团队送往国际空间站。

在民营航天领域，中国航天企业近年来也相继开发可重复使用的运载器。近日，中国航天科工航天三江所属火箭公司自主研发的快舟火箭可重复使用技术试验箭顺利完成垂直起降试验，为快舟系列可重复使用液氧甲烷运载火箭的研制奠定了基础。不久前，朱雀三号可重复使用火箭垂直返回技术在酒泉卫星发射中心完成首次飞行试验，该火箭是中国首款不锈钢液体运载火箭，以液氧甲烷为燃料。朱雀三号箭体直径4.5米，一级级设计复用次数不少于20次，具备一箭多星、平板卫星集群发射的能力。朱雀三号贮箱结构采用高强度不锈钢材料，发射成本相较一次性使用火箭可降低80%至90%。

可重复使用航天器具有低成本、高可靠性的技术特征，能满足未来廉价、自由进出空间的发展需求。除了向空间站等系统补充人员和物资之外，可重复使用航天器还可以搭载乘客，以更低的成本实现更高效的太空旅行。

未来，在太空旅行过程中，可重复使用运载器动力系统沿用火箭发动机，起飞阶段就像火箭发射一样，爬升到距地球约100多公里的亚轨道上，停留约10分钟后，再依靠惯性像飞机一样返回地球，水平着陆。整个过程大约30分钟，全程都按照预定程序，全自动飞行。游客不用穿宇航服，甚至可以带手机拍照发朋友圈，像航天员一样在舱内飘来飘去，透过窗户从太空眺望地球。由于运载器本身有纠错功能，即使指令有误，也能返回正确轨道。因此，游客还有机会体验太空驾驶的乐趣。

可重复使用、高可靠性和高安全性是未来航天器的重要发展方向。当前，在可重复使用的航天器发展方面还存在许多挑战，如航天器在重返大气层时需要先进的隔热保护，也需要坚固可靠的着陆系统和可靠高效的推进系统。同时，维持航天器在轨道期间的电力来源也需要先进的太阳能电池板或其他能够在太空中可靠运行的发电系统等。



美国“猎鹰9号”火箭。 新华社发

# 中国自主研发 四座氢内燃飞机原型机在沈阳首飞

据新华社电（记者王莹）由沈阳航空航天大学名誉校长、辽宁通用航空研究院首席科学家、中国工程院院士杨凤田主持研制的中国首座四座氢内燃飞机原型机1月29日在辽宁省沈阳市法库财湖机场成功首飞。据试飞员反馈，飞机动力充足、振动较小、操纵性能良好。首飞为下一步持续性试飞奠定了坚实基础。

该机型的验证机于2023年3月25日在沈阳完成验证试飞，是我国自主研发的第一架以氢内燃机为动力的通航飞机。该验证机搭载的是中国第一汽车集团有限公司基于“红旗”汽油机研发的国内首款2.0L零排放增压直喷氢燃料内燃机，功率为80千瓦。

验证机首飞完成后，杨凤田院士团队结合未来应用场景不断推动技术完善，沈阳航空航天大学、辽宁通用航空研究院、中国第一汽车集团有限公司研发总院、北京锐翔氢能飞行器科技研究院有限公司等单位组成协同攻关团队，进一步提升发动机功率以达到在通航机场的正常运行要求。本次首飞飞机主要核心部件初步实现国产化，发动机功率经台架测试达到了120千瓦。

这款氢内燃飞机是辽宁通用航空研究院研制的“锐翔”电动飞机系列产品。经过13年艰苦攻关，“锐翔”电动飞机已经形成了双座、四座、陆上、水上、有人、无人、电动力、氢动力、混合动力等完整的新能源飞机谱系，形成了系列化、族谱化发展格局。

沈阳航空航天大学原校长、辽宁通用航空研究院首席技术专家孙小平介绍，氢燃料内燃机飞机是以氢燃料作为推进能源的飞机，其碳排放量接近于零。随着人们对清洁能源的愈发重视以及航空领域碳排放愈发严格的控制，未来氢能源飞机将会更受青睐。通过氢能飞机的研制与运营，推动氢能航空全产业链发展，可以推动我国在绿色航空领域培养形成新质生产力，培育低空经济新兴战略性新兴产业。

据悉，该飞机计划于2024年4月整机赴德国参加航展，并进行地面带螺旋桨运行演示。

## 中国科技期刊 学术影响力持续增强

据新华社电（记者温竞华）记者近日从中国科协第十届全国委员会第八次会议上获悉，中国科技期刊卓越行动计划实施四年多来，我国世界一流期刊建设取得新成效，影响力进入本学科国际排名前5%和前25%的期刊数量分别增长5.6倍和1.8倍。

科技期刊直接体现国家科技竞争力和文化软实力，培育世界一流科技期刊是建设世界科技强国的重要支撑。2019年7月，中国科协等4部门联合印发《关于深化改革 培育世界一流科技期刊的意见》，对推进我国科技期刊建设作出全面部署；同年9月，中国科协等7部门启动实施中国科技期刊卓越行动计划，以5年为周期，面向全国科技期刊系统构建支持体系。

中国科技期刊卓越行动计划实施以来，累计完成50个领域的国内外科技期刊分级认定，瞄准科技前沿布局一批高起点新刊，吸引高水平研究成果回流，推进中文期刊开放出版、科学数据共享，我国科技期刊对全球创新思想和一流人才的汇聚能力明显提高。

据了解，2024年，中国科协将加快世界一流期刊建设换道升级，实施中国科技期刊卓越行动计划二期工程，推动期刊建设从单刊突破向营造公益化、集团化、数字化、市场化的期刊发展生态转变。



## 体验非遗 乐迎新春

近日，山东科技大学举办“留学生体验非遗文化”研学活动，来自俄罗斯、巴基斯坦、斯里兰卡、泰国、印度尼西亚等国家的留学生走进山东省高密市姜庄镇，体验泥塑、年画、剪纸等非遗民俗文化项目。  
图为民间艺人向留学生介绍泥塑工艺。  
韩洪杰 摄

## 智慧采煤的青春力量

杜怀龙是家里第一个研究生，今年是他读研的第十一年。

“现在的挖煤可跟以前大不一样了，体力活儿明显减少，要用智慧‘挖’。”扶了扶鼻梁上的眼镜，杜怀龙一边说，一边坐上无胶轮车准备下井。

车辆在宽阔明亮的巷道里稳稳行驶，直达工作面，一个庞大的地下“煤炭世界”便映入眼帘：全自动液压支架稳稳撑住煤顶，行走其上，每隔数十米，便可见一个5G基站，保障井下井上即时通信。运输皮带和割煤机自动运转，一个工作班仅需要13人就能采集1.3万吨煤炭。

这是隶属于国家能源集团神东煤炭的神东大柳塔煤矿。由国家发改委、国家能源局等八部委联合印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》指出，煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑。

5G信号下井，数据上“云”储存处理，机器人来回穿梭巡检……智能化煤矿建设由此提速。如今，步入神东大柳塔煤矿地面控制室，一个像飞机驾驶舱一样的“庞然大物”引人注目：操作台前，几块智能大屏显示井下采煤进度、井下作业画面实时更新滚动；操作台上，身着西装的工作人员的鼠标便可实现远程割煤。

古老蕴藏与现代科技碰撞，“矿工”化身“程序员”“工程师”，人才结构不断优化。11年前，和杜怀龙一同就职的只有一位研究生，如今整个神东大柳塔煤矿研究生学历共49人。

青年一代正在成为我国智慧采煤主力军。国家能源集团神东煤炭是我国首个2亿吨煤炭生产基地，目前企业所属的13个矿井中，已成立90余个大学生智能化采煤班，平均年龄31岁。

“大学生智能化采煤班自成立以来，累计有40余个班组、110余名班组成员受到国家级、省部级和行业

协会表彰，为煤矿产业向高科技产业转型作出贡献。”国家能源集团神东煤炭生产管理部经理孟永兵说。

作为陕西省主要能源企业之一，陕西煤业化工集团有限责任公司近年来也聚焦高质量发展需求，实施五大人才工程，全链条打造能源化工行业人才高地和区域性人才中心。2023年企业引进硕博博士人才642人，组建引进“科学家+工程师”队伍9支，总数达到15支。

穿上工作服，用鼠标“割”煤，研究生下井带班。智能化煤矿建设不仅为现代煤矿工人提供安全高效的工作环境，还打造了舒适温馨的生活环境。智慧餐厅、智慧健康体检中心、文体活动室……在位于陕西省榆林市的陕西陕煤曹家滩矿业有限公司，一批智慧生活设施的启用，让煤矿工人业余生活更加丰富多彩。

“食堂每道菜都有屏幕显示该道菜品的蛋白质、脂肪、热量等参数，健身房除了跑步机、划船机等各类健身器材外，还放置了体能健康检测仪器。”39岁的企业职工赵晓维说。在结束了一天的工作后，洗个热水澡，去食堂吃个营养餐，休息片刻，再去健身房运动，是他的日常生活。

35岁的杜怀龙如今已经成为大柳塔煤矿综采一队的队长，每逢春节前后便是他最忙碌的时候。“要保障煤炭安全稳定供应。”杜怀龙习以为常，“让大家暖暖和和过个年。”

连日来的几场雪，为黄土高原披上一层银装。在陕西陕煤曹家滩矿业有限公司，通过智能装车系统，40分钟便可把煤炭装满一列火车。乌金滚滚，像血液一样输送到大江南北，成为支撑工业发展和保障民生用能的“压舱石”。

11年前，杜怀龙憧憬的智能化矿井正在实现，这位大个子已经把家安在了矿上。

（据新华社电 记者陈钢、雷霄霄、李亚楠）