

上天入地下海登极，硬核成果频出

# 从火箭到核电，山东科创何以成势

记者 张阿凤 闫丽君 尚青龙

**上天****商业航天的“山东速度”**

2025年10月11日上午，山东海阳附近海域烈焰升腾，声震碧波。引力一号（遥二）运载火箭以“东方航天港”号发射船为平台，成功将多颗卫星准确送入预定轨道。这是继2024年1月成功首飞后，这型全球运力最大的固体运载火箭的又一次苍穹远征。

三年前，当引力一号项目立项时，几个年轻人因共同的“航天梦”聚在一起，开始向星辰大海进发。过去，一个中型运载火箭的研制时间往往需要7-8年，而这支平均年龄不到35岁的队伍，仅用了3年时间，就创造了全球最大固体运载火箭、中国首型捆绑式民商火箭等多项纪录。

“三年磨一剑，我们啃下了不少硬骨头。”东方空间技术（山东）有限公司联席CEO姚颂回忆。不同于传统火箭的研发逻辑，引力一号从设计之初就锚定了“低成本、高频率”的商业航天需求。其芯级和助推器均采用2.65米直径的标准设计，通过模块化生产大幅降低制造成本；4.2米直径的整流罩，成为国内商业航天领域最大的卫星装载空间，可实现“一箭30星”的规模化发射。

更具行业意义的是东方航天港打造的“一站式便捷发射”模式。在海阳，火箭从总装测试中心到发射船的运输距离仅6公里，实现了“火箭出厂即发射”的高效闭环。这种“前店后厂”的布局，将传统火箭转运的上千公里路程压缩至“5公里圈”，不仅降低了运输风险，更让“一周一次发射”成为可能。

“我们还拿到了山东省给的500万元顶格研发补助资金。”公司总裁办副主任李凌云所说的这笔顶格补助，正是山东省委科技委员会近期印发的《关于支持民营企业科技创新的若干措施》送出的红利。这笔资金将直接注入引力二号火箭的研发。按照规划，这款液氧煤油动力的新一代火箭，将在2026年实现首飞，发射成本将降至2万元/公斤的国际领先水平。

在山东的航天版图上，引力一号只是一个缩影。“十四五”期间，山东高标准建设齐鲁空天信息研究院等高能级平台，东方航天港已累计保障20次海上发射任务，将130颗卫星送入太空。11月20日省政府新闻办举行的“十四五”科技强省建设新闻发布会上，省科技厅党组书记、厅长孙海生介绍，山东在“上天”领域的突破，不仅填补了国内商业航天运力缺口，更构建起从火箭研发到卫星应用的全产业链生态。

**入地****黄河之下的“掘进奇迹”**

2025年8月17日，在泉城济南黄河之畔地下30米深处，开挖直径17.5米的“山河号”盾构机破壁而出，世界最大直径水下盾构隧道——济南黄岗路黄河隧道胜利贯通。

全球最大固体火箭从海边腾空而起，世界最大直径盾构机在黄河底悄然穿行，不会熔毁的核反应堆稳定运行近万小时，人形机器人的“关节”在青岛实现国产突破——这些看似科幻的场景，正在齐鲁大地上演为现实。

从“上天”的商业航天突破，到“入地”的基建技术革新，从“下海”的核能安全引领，到“登极”的智能装备突围，山东以全维度硬核成果，书写着科技自立自强的答卷。背后是政策精准赋能、平台能级跃升、人才活力迸发的全链支撑，齐鲁大地正以创新为笔，绘就高水平创新型省份的壮阔图景。



世界最大直径水下盾构隧道——济南黄岗路黄河隧道贯通，标志着中国水下隧道建设领域迎来里程碑式突破。

历时三百多个日夜，中铁十四局建设者手缚苍龙，遁地前行。在创新和匠心的加持下，一路闯关，实现最高日掘进18米、月进尺426米的施工纪录，填补了我国在特大直径盾构隧道建造领域的诸多技术空白。

“隧道高效建设的关键，就在于盾构机精准的选型。”项目现场负责人周祥说。但作为工程机械之王，盾构机制造和隧道建设，直径每增加一米，难度都会呈几何式增加。17.5米的庞大体型，意味着难度指数级飙升。在黄河之下挖掘出一座6层楼高的隧道，如何保证安全？刀盘选择带压还是常压？怎样保证特大断面隧道的稳定性？

河底深处，绝非坦途。特殊的地质、变幻的水文环境、历史的沉积，让施工如同在“变幻莫测的迷宫中穿行”。根据勘探，黄河隧道区间段内存在大量“钙质结核”，长度达2000米，占比超六成。随着“山河号”盾构机挺进钙质结核区，管道内石头碰撞的响声由疏变密、由弱变强。面对强度高达41兆帕的“顽石”，项目团队为“山河号”装备了自主研发的金刚石刀具。最终，项目团队创造了黄河下首次全程3.3公里连续掘进不换刀的纪录，为高效掘进赢得了宝贵时间。

这条单洞双层的隧道，是山东基础设施领域科技创新的典型样本。数据显示，全省规上高新技术产业产值占比已达55.31%，超出“十四五”目标5.31个百分点，传统基建正加速向“科技基建”转型。

**下海****核能安全的“中国方案”**

在山东荣成，三面环海的半岛最东端，我国具有完全自主知识产权的国家科技重大专项——华能石岛湾高温气冷堆核电站示范工程正平稳运行。这是全球首

座第四代核电站，也被称为“不会熔毁的核反应堆”。三个月前，这个具有里程碑意义的示范工程正式投入商业运行，标志着我国在第四代核电技术研发和应用领域达到世界领先水平。

走进核电站核心建筑核岛内部，在黄色圆柱体的核反应堆旁，辐射测量仪显示数字为0。这意味着身处的环境核辐射剂量为0，甚至比外部自然环境的核辐射还要低。工作人员介绍，这是由于反应堆大厅的空气是经过净化的，同时经过多层屏蔽，自然界的本底辐射也可忽略不计，因此实现了读数为0的结果。

“要实现核能安全，必须确保三大要素。”华能山东石岛湾核电有限公司运行部运行二值值长李洪磊解释说，一是核裂变反应的有效控制，二是及时导出停堆以后堆芯的余热，三是牢牢地把放射性物质包容起来。

从实验堆到商用堆，石岛湾核电站的建设堪称一场“闯关”。项目所用设备的国产化率达93.4%。其中被称为“核电之肺”的蒸汽发生器，采用全球首创的螺旋管换热结构，18项核心工艺达到国际先进水平。投运至今，核电站已安全运行近万小时，年发电量约14亿度，可满足200万户居民用电，每年减少二氧化碳排放90万吨。

“十四五”期间，山东在能源科技领域多点开花，不仅建成全球首座四代核电站，还获批燃料电池领域类国家技术创新中心。据悉，山东正启动深地探测、空天动力等大科学装置预研，“十五五”期间将在能源科技领域实现新突破，为国家能源安全提供“山东支撑”。

**登极****智能关节的“国产突围”**

在青岛西海岸新区，一座数

万平方米的现代化厂房内，工人们正专注装配着一组组谐波旋转关节模组。这些仅有手掌大小的精密部件，即将发往国内多家顶尖机器人企业，成为人形机器人的“关节”。这里是国华（青岛）智能装备有限公司，一家成立仅四年多，却已成为国内具身智能赛道声名鹊起的“隐形独角兽”。

“我们面对的最大‘拦路虎’，就是核心零部件。”国华智能董事长兼CEO王广坦言，谐波旋转关节模组、直线关节模组等核心零部件，堪称机器人的“关节”与“肌腱”，长期被国外企业垄断。2021年2月，王广选择在青岛创立国华智能，瞄准的正是这块“硬骨头”。“我们就是要做从0到1的突破，实现关键部件的国产化。”

四年磨一剑，国华智能实现了从核心零部件到整机系统的全面突围。其自主研发的高精度谐波减速器、行星滚柱丝杠、旋转及直线关节模组等，关键性能指标已达到国际先进水平。

支撑国华智能突围的，是山东对民营科创企业的“精准滴灌”。在创业的这几年里，有两点让王广深感受尤其深刻：政策支持的“精准度”不断提升，政府服务的“主动性”让人印象深刻。“省科技厅、市级领导定期组织企业座谈，不走形式、不走流程，而是一次次面对面了解实际困难，提供‘一对一’解决方案。”王广说，“‘有求必应、无事不扰’的服务氛围，让企业可以把更多精力放在技术创新和产品打磨上。”

2025年12月，国华智能新生产基地启用，年产能跃升至谐波减速器10万套、关节模组5万套。在山东，像国华智能这样的科技型中小企业已从1.8万家增至5万家，高新技术企业从1.4万家增至3.5万家。数据显示，山东企业研发投入占全

社会研发投入比重连续多年超88%，稳居全国前列。

## 生态重塑 创新山东的“全链支撑”

创新故事不止于此，山东的科创成就背后，是一套全方位的创新生态体系。

“十四五”期间，山东在全国率先重构科技管理体制，省市两级均成立科技委员会，形成“上下联动、部门协同”的科创统筹机制；省级财政科技资金高位投入，带动全社会研发投入突破2597.3亿元，研发投入强度达2.64%。在平台建设上，山东建成“1313”四级实验室体系，新获批全国重点实验室36家，地方主管口径数量居全国第一。

成果转化是创新的“最后一公里”。山东出台科技成果转化16条措施，建立职务科技成果单列管理制度，布局40家省级中试示范基地、6家概念验证中心，山东科技大市场累计成交金额达15.21亿元。

人才是创新的核心动能。山东出台全国首个青年科技人才专项政策，顶尖人才最高可获5000万元综合资助；全省住鲁两院院士达165人，全职海洋界院士占全国1/3；省级以上领军人才超9600人，40岁以下青年人才牵头省重大科技项目比例超20%。

党的二十届四中全会将“加快高水平科技自立自强”列为战略任务，山东正锚定“走在前、挑大梁”使命，向更高水平创新型省份迈进。从黄海之滨的火箭腾空，到黄河之底的巨龙穿行；从胶东半岛的“不熔毁”核电站，到青岛车间的智能关节，齐鲁大地上，创新活力正转化为高质量发展的澎湃动能，一个科技强省的新图景正徐徐展开。