

第1落点

商业航天

## 向海问天,把“发射优势”变产业胜势

张超 程泉

当火箭划破苍穹,卫星俯瞰大地,商业航天已成为全球战略性新兴产业的重要组成部分。我国商业航天市场规模正迅猛增长,从2018年的0.6万亿元增长至2025年的2.8万亿元,预计2026年将突破3万亿元大关。在这片“星辰大海”中,低调的“火箭大省”山东立足海上发射这一核心优势,初步形成“三核引领、多点支撑”的集群格局,展现出“从海上发射母港到商业航天强省”的雄心壮志。

## 关乎国家战略全局和发展主动权

商业航天是以市场需求为牵引,以技术创新和商业模式创新为支撑的航天活动,涵盖火箭发射、卫星制造、运营服务和下游应用等多个环节。近年来,商业航天在全球航天经济中的地位持续上升,已不再只是传统航天体系的补充力量,而是日益成为衡量一个国家科技实力、产业实力和综合竞争力的重要领域。2024年,“商业航天”首次被写入《政府工作报告》,被明确为培育新质生产力的“新增长引擎”,这表明其战略意义已经上升到国家发展全局层面。

从国际发展态势看,商业航天所承载的已不只是一般意义上的产业竞争,而是围绕频谱资源、技术标准、市场布局和产业生态展开的综合较量。轨道和频谱是太空经济的核心战略资源,“先登先占”的规则正在压缩后发国家的发展窗口。以SpaceX为代表的头部企业,已凭借低成本发射、规模化组网和一体化运营形成明显先发优势,一些国际规则和技术标准也更多由先发者主导。在这种情况下,商业航天的发展水平,直接关系到一国之能在有限窗口期内提升进入能力、形成产业规模,并在未来太空经济格局中争取更大主动。

从产业发展规律看,商业航天之所以重要,还在于它并不是孤立存在的单一产业,而是具有较强关联效应和扩散效应的战略性新兴产业。其上游连接新材料、高

端装备、电子信息、精密制造等领域,下游则延伸至通信、遥感、导航、海洋、农业、应急等多类应用场景,能够在技术突破、配套制造和场景转化之间形成联动。目前,我国商业航天企业已覆盖火箭研制、卫星制造、应用服务等全链条环节,并不断催生太空制造、太空农业等新业态。可见,商业航天的发展已经不再局限于单一制造或发射环节,而是在不断向更广的产业链条和更多元的应用场景延伸。更重要的是,商业航天还具有较强的技术外溢和产业带动能力,其投入产出比可达1:10以上。这说明其价值并不局限于本产业内部产出,更在于能够通过技术外溢、产业协同和要素集聚,带动更大范围的产业升级和经济增长。

对于山东而言,发展商业航天的意义,正在于把国家战略需求、区域产业基础和现实资源条件更好结合起来。山东立足海上发射这一特色优势参与商业航天发展,既是服务国家卫星互联网建设和整体运力提升的现实需要,也是依托海洋区位优势,制造基础和配套能力培育区域新增长点的重要途径。由此看,商业航天的价值不能仅从某一项目或某一环节来理解,而应放到国家竞争、产业变革和区域高质量发展的大背景下加以把握。

## 立足发射优势看基础与制约

自2019年6月在烟台海阳海域成功实施国内首次海上火箭发射任务以来,山东商业航天逐步探索出一条海上发射的发展模式。在国家卫星互联网建设全面提速,高密度发射需求日益迫切的背景下,海阳东方航天港作为国内唯一海上发射母港的独特资源,使山东具备了开展海上快速发射的先天条件。这一资源优势成为山东区别于其他省市的鲜明特色,也为其服务国家战略、缓解国家运力瓶颈提供了重要支撑。

具体来看,山东商业航天发展具备多方面战略优

势。一是区位优势独特。海阳东方航天港作为国内唯一海上发射母港,拥有得天独厚的海洋区位优势,可实现火箭海上灵活发射,有效规避内陆发射场落区受限等制约因素。二是工业基础雄厚。山东在固体火箭制造、高性能材料等配套领域积淀深厚,威海拓展碳纤维的高性能碳纤维,烟台东方蓝天钛金的高性能紧固件等产品已在航天领域实现规模化应用,青岛智腾微电子的智能传感器在商业运载火箭领域同类产品市场占有率达80%以上,为航天产业发展提供了坚实的配套支撑。三是政策红利持续释放。2025年10月,山东省政府出台《山东省加快推动商业航天产业高质量发展的若干措施》,明确提出到2027年,力争具备年产100发运载火箭、150颗商业卫星能力,商业航天产业规模达到500亿元。

同时,也要清醒看到,山东商业航天发展仍面临现实制约。一是关键技术和产业化能力仍有短板。火箭回收等关键工艺尚处于工程化验证阶段,卫星批量制造能力与国内先进水平相比存在差距,部分关键配套环节的本地协同能力有待进一步提高。二是人才供给与产业发展之间还存在结构性适配不足。随着商业航天产业链条不断延伸,技术门槛持续提升,对高层次研发人才、工程化人才和复合型经营管理人才的需求快速增长,现有的人才培养体系、平台支撑能力和市场化引才机制仍需进一步完善。三是区域竞争压力加剧。面对国内重点区域加快布局商业航天的态势,山东在企业集聚度、创新要素配置效率和产业生态成熟度等方面也需要持续增强。

更为重要的是,山东必须保持战略定力,坚持“有所为、有所不为”。当前,商业航天前沿领域技术迭代迅速,部分方向仍处于探索阶段,距离规模化应用尚需时日。山东应立足自身资源禀赋和产业基础,避免盲目追逐热点,集中资源巩固和放大海上发射优势。唯有聚焦主业,深耕细作,将发射服务能力做到极致,方

能为国家航天事业发展提供坚实支撑。

## 从单点突破到集群崛起

面向未来,山东商业航天需保持战略定力,紧扣国家需求,走出一条具有山东特色的差异化发展道路。

一是持续强化快速发射核心能力。重点加速液体火箭回收技术的工程化验证与商业化进程,大幅降低发射成本,提升高频次发射能力。进一步完善东方航天港基础设施建设,科学增设海上及海岸发射工位,通过多工位并行作业释放产能潜力,确保在国家需要的时候能顶得上、打打赢,切实解决国家卫星互联网的“运力焦虑”。

二是完善发射配套产业体系。依托雄厚工业底蕴,深耕“航天+”模式,将航天育种、海洋监测、高端配套等优势转化为全产业链胜势。加强火箭配套制造能力建设,进一步提升固体火箭产能规模,推动空天信息与实体经济深度融合,打造“前港后厂、陆海联动”的升级版。

三是构建全要素保障支撑体系。建立健全多层次资本市场支持机制,为龙头企业和高成长型企业提供上市辅导与融资绿色通道。深化人才引进与培育体制改革,加快高水平空天信息大学建设,定向培养急需紧缺的高层次工程师,创新“航天人才贷”等金融支持工具,全面提升人才引育留用效能。借力国家战略规划与科创板新政,叠加省内低空基建规划,让资本、设施、制度三重红利叠加,为产业腾飞注入强劲引擎。

从“海上发射”的单点突破到“全产业链”的集群崛起,山东商业航天的发展之路,正是中国商业航天从跟跑并跑向领跑跨越的生动缩影。

(作者分别系南京航空航天大学经济与管理学院副教授、中国信息通信研究院工程师)

## “氢动”齐鲁,走好差异化道路

葛力铭

氢、绿氢再发电”的闭环,构建相对独立的能源循环体系。对于山东这样的能源消费大省而言,氢能带来的能源稳定供给意义尤为突出。

其次,在资源禀赋维度,山东具备发展氢能的先发优势。一方面,全省氢气年产量约260万吨,居全国首位,其中相当一部分来源于氯碱、焦化等工业副产氢,具有纯度高、成本低的显著优势,部分企业氢气出厂价可降至约18元/千克,为氢能规模化利用提供了现实基础。另一方面,山东可再生资源发展迅速,光伏装机容量位居全国第一,风电装机居全国前列,同时核电在运在建规模达570万千瓦,为“绿电制绿氢”提供了稳定的电力支撑。

最后,在产业转型维度,山东作为全国化工第一大省,拥有完备的重化工业体系与装备制造能力,加之港口物流与交通基础设施优势,形成了“前港后厂、陆海联动”的产业空间格局。尤其在港口、钢铁等高耗能场景集聚的背景下,氢能可迅速嵌入既有工业体系,形成规模化应用场景,降低商业化初期的不确定性。

在上述多重因素驱动下,山东氢能产业已由分散探索逐步迈向体系化布局。一是从空间结构看,山东形成了以济南、青岛为双核心引擎,济青发展轴带为纽带,协同淄博、烟台、潍坊3市相向发展,构建“双心引领、一带串联、圈层互动”的区域发展格局,并积极培育壮大鲁氢经济带。2026年1月,济南牵头,联合德州、滨州申报的氢能协同创新区域试点入选国家首批试点名单。二是从产业结构看,全省基本覆盖了“制氢、储运、加注、应用”全流程环节,产业链完整度处于全国领先水平。三是从关键载体看,济南“中国氢谷”、青岛“东方氢岛”等平台初具规模,青岛港建成全国首座全资质港口加氢站,济青高速开通全国首条“氢能高速”,“氢进万家”科技示

范工程持续推进。四是从企业发展看,全省产业生态亦逐步成熟,相关企业及科研机构数量已逾270家。其中,潍柴集团建成全球最大的氢燃料电池发动机生产基地;东岳集团在质子交换膜等关键材料领域接近国际先进水平;海氢能源在碱性电解槽领域具备长期技术积累。

尽管如此,山东氢能发展仍面临多重约束,制约其由“规模优势”向“竞争优势”的高效转化。一是核心技术仍有短板。目前绿氢价格较灰氢仍高出1.5至6倍,其成本下降依赖于电价、设备、利用小时数的协同降低。二是关键核心材料存在劣势。催化剂国产化率不到20%,碳纸、质子交换膜国产化率不足10%,制约燃料电池的大规模商业化。三是基础设施和人才支撑不足。山东加氢站网络密度仍有较大的提升空间,氢燃料电池汽车急需进一步推广,同时省内高校在航天、氢能相关专业设置上存在不足,高端人才面临“孔雀东南飞”的流失压力。

## 突破路径与战略取向

当前,全国已有多个省份布局氢能产业,部分地方出现“一哄而上”的苗头。山东应立足自身资源禀赋,保持战略定力,坚持“有所为、有所不为”,进一步巩固在“制储运加用”全链条上的既有优势,走差异化发展道路。

第一,聚焦“降成本”,打通商业“最后一公里”。成本是氢能规模化应用的最大障碍。当前绿氢成本中电费占比高达70%,储运成本每下降10%即可带动终端氢价下降3-5元/千克。山东应发挥风光资源丰富的优势,推动“风光耦合电解水制氢”一体化项目落地,探索利用负电价时段制氢的经济模式。

第二,深耕“全链条”,打造具有全球竞争力的产

业集群。山东应依托济南、青岛、淄博、潍坊等“鲁氢经济带”城市,进一步巩固在质子交换膜,燃料电池发动机,储氢材料等环节的领先优势。支持潍柴动力、东岳未来、光威复材等龙头企业做大做强,同时培育一批“专精特新”中小企业,形成“龙头引领、链式协同”的产业生态。

第三,拓展“新场景”,以规模应用倒逼产业升级。应用场景是氢能产业发展的“催化剂”。山东应进一步持续扩大高速公路免费收氢能源车辆通行费政策,支持济青高速打造氢能交通示范线,沿线布局完善加氢设施。在港口领域,以青岛港、烟台港为重点,扩大氢能港车、轨道吊等应用规模,打造“中国氢港”标杆。在工业领域,推动氢能应用于钢铁、化工等高耗能行业的替代应用,探索“氢冶金”“绿氢化工”等新模式。

第四,强化“制度供给”,构建全要素保障体系。氢能产业具有投入大、回报周期长的特点,需要政策“扶上马,送一程”。地方政府可设立氢能产业基金,支持关键技术攻关和示范项目建设。深化人才引进与培育体制改革,依托山东大学、中国石油大学(华东)等高校,加快氢能相关学科建设,定向培养紧缺人才。

从“工业大省”迈向“氢能强省”,山东正处于由资源优势向产业胜势转化的关键跃升期。放眼“十五五”乃至更长周期,氢能已被推上国家能源战略的重要位置。对山东而言,真正的挑战在于能否在成本控制、技术突破与场景拓展之间形成协同优势,率先实现规模化与商业化的良性循环,为全国能源体系重构贡献更加成熟的“山东方案”。

(作者系上海交通大学安泰经济与管理学院国家战略研究院助理研究员)

## 迈入“深蓝”,探索人类“新边疆”

李大海

数量多、实力强的优势,依托驻鲁国家级科研机构掌握的海洋科考船和深潜器,进行深海微生物采样、保藏和鉴定,在深海极端环境生物具有特殊功能的基因、酶、活性产物发现方面取得了诸多进展。在深海资源开发领域,山东发挥重要辅助性作用。我国深海油气开发主要分布在南海北部,已由中国海洋石油天然气集团主导开发了若干深水气田。山东聚焦于海洋油气开发产业链上游和下游环节,在勘探、钻采和运输装备制造和后勤服务等方面形成了特色产业。在深海装备制造领域,山东已成为全国重要基地。青岛海西湾造船与海洋产业基地是全球一流的FPSO和大型模块建造基地;烟台以中集集福士为代表,是中国深水半潜式钻井平台的领军者,在超深水钻井平台设计建造上具有世界领先水平。

## 深海产业发展面临的不确定性

深海产业的发展面临着较强的不确定性,主要表现在以下几个方面:

产业成长的不确定性。深海产业除深水油气已经形成较大规模产业外,其他深海产业均未实现商业化开发。由于产业总体上处于商业化初期阶段,存在市场容量、技术路线、潜在风险等多方面不确定因素,产业成长曲线难以预测。例如,深海采矿早在20世纪90年代即宣布即将进入商业开采,但到目前为止仍未见规模化开发案例。这种不确定性给制定产业和项目投资规划带来了较大困难。

外部环境复杂性的不确定性。当前,公海和国际海底正在纳入全球海洋管理框架,以往自由竞争式开发格局即将改变,伴随着一系列国际条约的出台生效,可以预判公海及国际海底生态管控将日趋严密。

地理区位的相对劣势。受地理条件限制,我国管辖海域的深海产业主要集中在南海,国际深海开发分布在太平洋、印度洋等大洋海域。山东地处太平洋西北边缘地区,与珠三角、长三角等其他深海产业集聚区比较,深海开发运输距离更长、时间和经济成本更高,地

理劣势较为明显。这就要求山东省在规划深海产业发展时,必须实施差异化、特色化发展战略,突出自身比较优势,与南方省(市)建立合理产业分工关系,尽量避免同质化竞争。

产业分工的从属地位。我国在深海产业开发过程中采取了由央企或科研院所牵头组织开发的产业发展策略。由于运营成本、管理体制、历史沿革方面的原因,形成了深水油气以广东为支点、深海采矿以湖南为核心、深海生物资源开发多点布局(青岛、广州、三亚)、深海空间科研基础设施以上海和海南为主要承载区的空间格局。山东省相关企业、科研机构虽然在各项事业中有所参与,但均未发挥主导作用,总体上处于从属地位。

## 有条件在深海开发方面有所作为

山东作为海洋强国建设的战略支点,拥有较强的海洋科技与产业实力,应当有条件在深海开发方面有所作为。

制定实施差异化的深海产业发展策略。深海产业布局要坚持有所为有所不为,突出发挥自身优势,避免与其他海洋强省同质化竞争。一是大力发展深海生物资源开发产业,推动其与海洋生物医药产业链紧密结合,打造全球深海药物与生物制品产业高地。二是以绿色、智能为特色,聚力打造全国领先的深海装备制造产业集群。三是特色发展深海能源矿产开发,深海空间利用产业,突出在相关产业链的特色优势。四是前瞻性规划布局特色深海产业区,打造深海项目落地的载体和深海产业开发的支点。

打造国际领先的深海生物医药产业链。发挥山东省深海科研优势和海洋生物医药产业优势,促进深海创新链与产业链的深度融合。一是打造全省统一的深海生物调查采集平台,发挥省级科研经费杠杆作用,设立深海专项,可由崂山国家实验室牵头,引导各单位统筹规划年度科考船舶航线,船时安排,定向配备保真采样装备,建立稳定的深海生物资源获取机制。二是搭建一

体化公共研发平台。以青岛海洋生物医药研究院为基础建设山东海洋生物医药技术创新中心,围绕海洋生物医药创新链的化合物发现、药效评价、药理毒理测试等关键环节,建设专业化、标准化平台,服务全省科研单位与医药企业,降低研发转化成本。

聚力发展绿色深海装备制造产业。发挥山东省制造业规模大、门类全、基础好的优势,以绿色装备为导向,积极培育深海装备制造产业链。一是提升海洋深水油气装备制造产业能级,集中力量攻关深水油气开发相关水下生产系统、深水立管、锚泊系统等核心部件的研发与制造,打破国外垄断。二是积极培育深海采矿装备制造产业,以烟台中集集福士、青岛北海船舶重工等龙头企业为牵引,研发用于万米级铠装电缆、硬管、采矿车的重型、高精度A/R系统,发展成海底采矿车(集矿机)车体与结构制造能力。三是大力发展配套产业。巩固和扩大在大型监测浮标、水下滑翔机、自主水下航行器等平台的制造优势。扶持本土企业专精于深海高压密封件、特种钢材、耐腐蚀材料等配套设备,提升产业链自主可控水平。

依托“边际深海”培育深海空间开发能力。确定从近岸浅水到远岸深水,再到深远海的海洋空间开发路径。一是推动海上大型结构物建设运营试点。鼓励中集集福士、北船重工等龙头企业,攻关高性能柔性连接器、系泊系统等核心技术,优先在青岛董家口港、烟台港等深水港区外围,规划建设超大型浮式仓储基地、浮式液化天然气接收站。二是实施“水下新基建”,以青岛、烟台为基地,建设绿电供电的水下数据中心,吸引阿里巴巴、腾讯等互联网巨头,将其数据业务部署到山东沿海,带动海底电缆、高压密封、水下机器人运维、海水冷却系统等相关产业链在山东集聚,形成全国领先的水下数据产业集群。三是做好海底封存准备工作。立即启动对渤海南部、胶东半岛东部海域的海底地质详查,依托省内大型石化、钢铁企业产生的集中碳源,规划建设“捕集-运输-注入-监测”一体化的海底封存示范项目。(作者系中国海洋大学海洋发展研究院副院长、教授)

## 未来产业,山东何以向未来

氢能产业

绿氢从风光电解制备而出,燃料电池驱动重卡驰骋高速……当前,氢能正成为全球能源转型的核心载体。2024年,我国氢能全年生产消费规模超3650万吨,居世界首位。2025年起施行的《中华人民共和国能源法》,首次从法律层面明确了氢能的能源地位。山东省能源局公布的“十四五”氢能成绩单显示,全省推广氢车超2000辆,建成加氢站38座,氢能产业发展保持全国领先。在这场关乎未来的能源角逐中,山东依托全国领先的工业副产氢资源、新能源装机和制造业底蕴,已初步构建“制储运加用”全产业链体系。山东发展氢能产业的现实优势何在?当前进展如何?未来怎样发力?

## 山东的资源禀赋与制约因素

长期以来,氢能在我国能源体系中一度处于“政策倡导先行,产业推进滞后”的探索阶段,社会认知也多停留于“前景广阔,落地有限”的观望状态。然而,当前的政策环境已发生根本性转变。国家发展改革委相关文件首次将“非电可再生资源消费目标”与电力消费目标并列提出,标志着氢能从电力体系的“补充选项”,转向工业、交通等非电领域脱碳的“关键抓手”。同时,“十五五”规划纲要将氢能纳入六大未来产业体系,今年政府工作报告进一步明确设立国家低碳转型基金,将氢能、绿色燃料列为重点培育方向。在多重顶层设计共同推动下,氢能的发展定位已由“鼓励探索”上升为“国家战略”。对各地而言,这既是难得的政策窗口期,也是必须抢占的战略制高点。

首先,在能源安全维度,当前国际能源市场波动加剧,关键海上通道不稳定性上升,传统以石油、天然气为主的能源供给体系面临外部冲击风险。而氢能作为石油、天然气的优质替代,可实现“绿电制绿氢”,保障能源供应安全。其次,在产业转型维度,山东作为全国化工第一大省,拥有完备的重化工业体系与装备制造能力,加之港口物流与交通基础设施优势,形成了“前港后厂、陆海联动”的产业空间格局。尤其在港口、钢铁等高耗能场景集聚的背景下,氢能可迅速嵌入既有工业体系,形成规模化应用场景,降低商业化初期的不确定性。

深海产业

山东“十五五”规划纲要提出,建强“深海三大国家平台”,构建多层次多类型海洋重大科技基础设施集群。实施深海开发利用工程,大力发展深海能源、深海生物、深海采矿等产业,构建“深海进入、深海探测、深海安全”核心能力。深海是全球海洋大国角力的舞台。作为沿海大省,山东应找准自身优势,加快推进深海产业发展,这既是我省培育海洋新质生产力推动海洋经济高质量发展的重要举措,也是加快海洋强省建设的必然选择。

## 山东深海产业发展现状

深海产业是指人类在深海(通常指水深超过1000米的海域)进行资源勘探、开发、加工和利用相关经济活动的总和,主要包括深海能源、矿产、生物资源开发、深海空间利用、深海装备制造等产业。深海产业被认为是继太空探索之后,人类发展的又一个“新边疆”,具有巨大的战略意义和经济潜力。

全球深海产业总体上目前正处于发展早期阶段,产业规模较小,各类产业发展不平衡。海洋能源开发以深水油气开发为主体,是目前唯一实现产业化、规模化开发的深海产业,超过1000米开发水深的有美国、巴西、中国等。深海矿产(大洋多金属结核、富钴结壳、多金属硫化物)开发处于从试采向产业化过渡阶段,美国、挪威等国有望在10年内实现商业化开发。深海生物资源开发总体上处于科学探索阶段,仅在美国、欧洲有少数几种深海生物产物实现了药用开发。深海空间开发规模极小,主要用于军事、科研用途,经济用途仅海底光缆,偶发性的深海旅游等,但中外均提出了若干深海空间经济利用构想,深海工程装备制造业与资源开发、科研、军事用途密切相关,目前仅深水油气装备制造形成较大规模,深海矿产开采、科研等装备制造业尚处于样机等单个设备制造阶段,但未来存在一定发展潜力。

当前,在深海科研领域,山东省走在全国前列。以深海生物资源开发为代表,山东省发挥海洋科研机构

