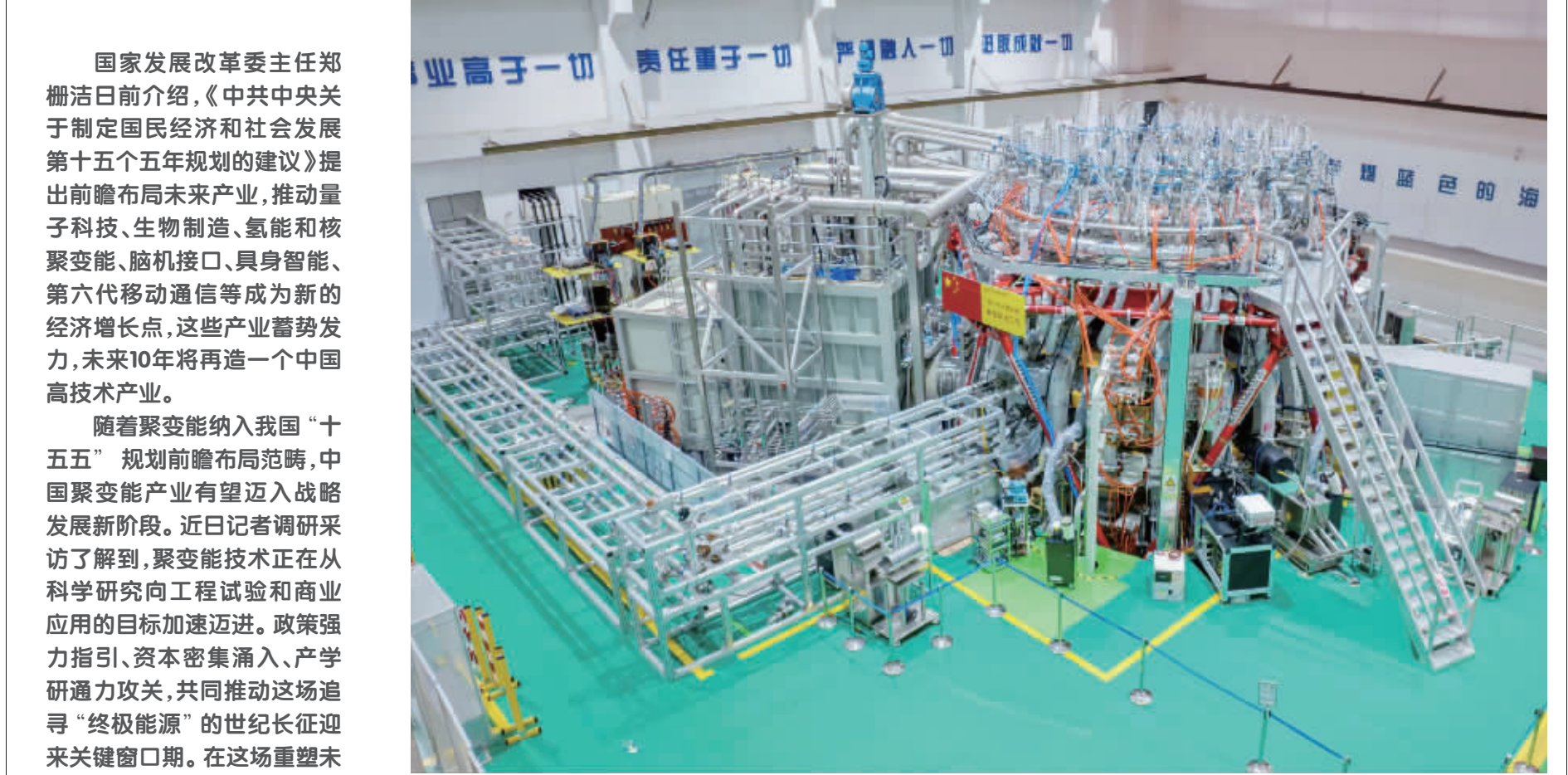


聚变能纳入“十五五”发展蓝图 产学研各方共推产业破局



新一代人造太阳“中国环流三号”装置

本报记者 杨洁 摄

国家发展改革委主任郑栅洁日前介绍,《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十五个五年规划的建议》提出前瞻布局未来产业,推动量子科技、生物制造、氢能和核聚变能、脑机接口、具身智能、第六代移动通信等成为新的经济增长点,这些产业蓄势发力,未来10年将再造一个中国高技术产业。

随着聚变能纳入我国“十五五”规划前瞻布局范畴,中国聚变能产业有望迈入战略发展新阶段。近日记者调研采访了解到,聚变能技术正在从科学研究向工程试验和商业应用的目标加速迈进。政策强力指引、资本密集涌入、产学研通力攻关,共同推动这场追寻“终极能源”的世纪长征迎来关键窗口期。在这场重塑未来能源格局的竞赛中,如何把握机遇、攻克瓶颈,将决定我们在本世纪中叶能否真正点亮聚变之灯。

● 本报记者 杨洁

商业资本竞速

可控核聚变正在资本市场的热切关注下加速驶向现实轨道。

近日,在成都一场关于“核聚未来:中国核能‘三步走’创新进展”的研讨会上,台下一位两鬓斑白的研究者向台上作报告的年轻核能研究人员提问:“可控核聚变,我们总说还有50年、又要50年,到底什么时候才能够用聚变能来发电?”

这个问题引发了全场与会者的会心一笑。研究人员从容答复:“随着一些技术的进展,大家从我们的报告中可以看到,我们有望在这个世纪中叶实现用聚变发电的目标。”

这种有生之年看得到的聚变发电的信心,体现在全球资本对聚变能“先声夺人”的押注上。

国际原子能机构(IAEA)10月中旬在成都发布《聚变能源展望2025》,该报告认为,全球聚变能探索已经进入决定性新阶段。截至2025年,全球聚变领域的商业资金已累计超过100亿美元,2025年在运的聚变装置数量也达到了空前水平。

记者了解到,全球商业资本对聚变能的热情升温基本在2022年之后。当年,采用激光惯性约束技术的美国国家点火装置NIF宣布首次实现能量增益(即Q>1)。Q>1,即输出的能量大于维持反应所需输入的能量,是论证可控核聚变科学可行性的第一步。

此外,美国联邦聚变系统公司(CFS)成功测试20特斯拉高温超导磁体,以及AI智能控制技术在解决燃烧等离子体长时间稳定控制等国际难题方面的助力等,都给了全球资本进一步推进聚变

能迈入工程化和商业化阶段的信心。

《聚变能源展望2025》报告特别提到,高温超导磁体已成为下一代磁约束聚变装置开发过程中的一项变革性技术。通过在更紧凑的几何形状中实现更高的磁场强度,高温超导材料为加速聚变发展和开发经济上有吸引力的最终产品提供了新的途径。

多元路径竞速

近年来,我国聚变能商业化步伐加快,聚变装置矩阵持续扩容,涌现出中国聚变能源有限公司、聚变新能、新奥集团、能量奇点、星环聚能等公司,从不同路径开展聚变能探索,形成覆盖不同技术路线、衔接不同发展阶段的多元支撑格局,核聚变产业链正稳步走向完善。

磁约束托卡马克是公认最成熟、可率先实现可控核聚变能应用的技术途径。今年3月,新一代人造太阳“中国环流三号”(HL-3)国内首次实现原子核温度1.17亿摄氏度、电子温度1.6亿摄氏度,综合参数聚变三乘积实现大幅跃升。中国聚变能源有限公司总经理、核工业西南物理研究院院长张立波表示,“2027年,我们期待能开启聚变能燃烧实验,2030年左右,具备中国首个工程实验堆的研发设计能力,2035年左右,建成中国首个工程实验堆,到2045年左右,能建成我国首个商用示范堆。”

10月1日,紧凑型聚变能实验装置“夸父启明”(BEST)完成主机杜瓦底座落位安装,之后主机核心部件将陆续进场安装。根据计划,BEST将于2027年底建成,通过运用高性能超导磁体、氦气聚变燃料等新技术,来为将来的核聚变发电探路。中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所副所长徐国盛介绍:“我们还正在谋划建设CFETR聚变工程示范堆,这一装置预期从2030年开始建造,到2035年建成,到2040年左右示范聚变能发电。”

与此同时,民营资本活跃,加速多元

路径布局探索。走进河北廊坊新奥集团园区,一座布满管线的球形聚变实验装置映入眼帘。今年4月,这一名为“玄龙-50U”的球形环氦硼聚变装置实现了高温高密度百万安培(兆安)等离子体电流,目前正在进行参数调整,等待下一次试验。

不同于国内很多聚变公司选择氦气作为聚变反应的燃料,新奥集团选择氢硼聚变反应的技术路线。新奥能源研究院院长刘敏胜介绍,氢硼聚变不产生放射性的中子,且氢硼储量丰富,容易获取,未来工程化和商业化阶段的难度较小,但相较于氦气,氢硼聚变反应的实现难度更大,例如需要更高的等离子体温度(约10亿-20亿摄氏度,超过氦气的1亿-2亿摄氏度)等。新奥选择将难关前置,刘敏胜表示,目前,新奥正着手推进下一代聚变装置“和龙-2”的选址建造,计划投资60亿元。

徐国盛认为,商业资本进入聚变能领域,不仅带来更多资金的支持,还带来了竞争和活力。

2025年7月,中核集团在核工业西南物理研究院基础上牵头组建中国聚变能源有限公司,重点布局大科学实验、聚变堆材料研制等领域。同时,可控核聚变创新联合体的成员单位扩容至38家,涵盖央企、民企、高校、科研院所。目前联合体已启动“聚变堆超导磁体产业化”等重点项目,吸引社会资本参与。

创新联合体有利于产学研深度融合,让科研机构的技术优势与企业的市场优势形成互补。中核集团核工业西南物理研究院院长助理、聚变科学所所长钟武律在接受中国证券报记者采访时表示,“我们成立创新联合体,希望能聚集各方优势,突破聚变能领域的关键技术难题,我个人认为可能在10年到20年内看到聚变能商用。”

全球创新协作

为什么我们如此热切地期待可控核聚变?国家原子能机构秘书长黄平介绍,

聚变能与裂变能相比,具有能量密度高、原料资源丰富、放射性污染低、固有安全性好等优势,是未来清洁能源的重要发展方向之一。

尽管聚变能产业化进程在加速,但也仍面临关键技术、产业生态与人才储备等多重挑战。

多位受访专家强调,当前,聚变能技术发展仍处于关键技术攻关阶段,例如技术层面需突破等离子体稳态燃烧、耐强场高温负荷材料、超导磁体、氦燃料自持等难题;产业生态上,还需解决产供销成熟性、经济可承受性、投资可持续性、监管适配性等问题。产学研各方要“不跟风、不盲从”,保持战略定力。

钟武律提到,目前聚变能领域的人才缺口还比较大,“作为多学科交叉领域,聚变能领域人才培养周期较长,通常需要5年到10年,当前人才链还有较大缺口,希望能进一步打造人才梯队。”

国家原子能机构主任单忠德日前在世界聚变能集团第2次部长级会议暨国际原子能机构第30届聚变能国际大会上表示,将进一步加强聚变能相关学科专业建设和跨学科跨专业人才培养,加大对核聚变青年人才支持力度;通过国际热核聚变实验堆(ITER)计划等国际大科学与工程科技合作项目,促进科技创新人才、专业技能人才、工程管理人才互学互鉴、共育共用。

事实上,聚变能面临的一些挑战,不仅仅是中国面临的问题,也是全世界聚变能发展面临的共同难题,推动开放创新合作十分重要。中国在加速自主创新的同时,正以更加开放的姿态融入全球聚变研发网络,为终极能源的早日实现贡献中国智慧。

单忠德表示,实现聚变能商业化离不开广泛而密切的国际合作。要发挥世界各国优势,加强科学研究、技术研发、工程实验、AI赋能、数据共享等多双边国际合作交流;扩大大科学工程、大科学装置开放共享和互联互通;聚力突破重大关键科学问题和工程技术难题。

民航业智能化变革加速 国产运行控制系统研发持续推进

● 本报记者 王靖涵

随着科技的进步和人工智能技术的发展,民航业正进行着一场影响深远的智能化变革。在消费者可见的地方,机场智能机器人、智慧出行管家等产品的上线让消费者出行变得更加便捷;在不可见的地方,全国国产化的民航运营系统正在规划研发中,算力企业积极研发推出国产芯片,为生态发展做出贡献。

智能化应用保障旅客出行

在第三届CATA航空大会中国东航的展台,新一代智能服务机器人“小东”吸引了不少观众驻足。

记者了解到,这款应用于机场航站楼值机场景的智能机器人已经接入大模型问答知识库与值机系统,当旅客值机时,只需在机器人上触碰点击,即可一站式办理乘机 and 退改签等手续。

南方航空针对商旅客群“行程紧、变更频繁”等痛点推出了南航智慧出行管家,以覆盖亿级客群的高质量数据集为基础,场景化运用多模态大模型技术,打造出能通过自然语言对话识别旅客意图、链接出行需求的一站式服务平台。出行管家还特别具备视频攻略一键导入、机场导航智能避堵等特色功能。南方航空相关负责人告诉记者,目前该产品的出行规划场景库已覆盖全国2000多个景点。

AI助力零部件检修与安全监管

除面向乘客的智能交互产品,民航企业在设备检查维修、行李运输、舱音监察等运营流程上,也纷纷推出全链条保障民航运营安全高效的智能化产品。

南航数科总经理何烽表示,为推动场景智能化建设,南方航空从航班运营、旅客体验、管理支撑三大方面精心布局,甄选出196个创新场景,成功投产74个,包括航班风险雷达、南航航班通告助手、站坪作业安全监管等。

以站坪作业安全监管为例,机坪的安全管理一直是传统难题,旧的监管模式覆盖面窄、人力成本高、监管滞后,随着AI技术发展,南航数科利用端侧小模型技术,在全公司涉及的国内机坪上划分了16个场景,部署了近18000个摄像头、4000多个车载监控主机,通过实时采集作业影像,应用AI智能分析自动研判危险作业行为,实时提醒现场作业人员,同步触发安全监管干预机制,使站坪危险作业监管覆盖面提升至85%,违规行为平均识别时间缩短至1秒以内,事故响应时效提升90%以上。

海航航空技术有限公司培训管理部教员成精向记者介绍了公司自主搭建的VR机务技能培训应用系统,并展示了如何佩戴VR眼镜进行B787机型绕机检查项目。

他表示,机务维修领域的培训项目数量多、涉及场景复杂,像液压机械组件的拆装、滑梯包更换等项目还有一定安全风险。通过VR机务技能培训应用系统,学员能提前对相关情景形成认知,进而提升培训的质量与效率。

成楷表示,当前这套系统已覆盖A320、B787、E190等5个机型,累计完成培训近2万人次。

中国航信航空数字化产品事业部总经理孙琼巍向记者表示,民航运营过程中需要大量人力,信息化和人工智能的手段不单能为数据系统安全保障再加一层防火墙,还能够极大地释放人力,减轻从业者负担、提升保障水平。

国产算力携手打造民航“智慧大脑”

民航局副局长韩钧在第三届CATA航空大会上表示,“十五五”时期民航发展将更加突出质效提升、功能体系优化、资源配置效率提高,全行业将统筹高质量发展和高水平安全,持续增强民航系统性和产业韧性,完善民航自主创新和产业融合发展体系。

“2024年,中国航信与中国国航正式达成战略合作,在航空公司核心运行领域强强联合,为中国民航打造全新的国产运行控制系统,这也标志着中国航信从旅客服务领域进入到飞机运行领域。”孙琼巍表示,“目前,双方正集中优势资源,在签派放行、飞行计划两大核心系统联合攻关;下一步,还将围绕导航、情报、气象、飞机性能等关键技术领域持续攻关,确保运行关键数据安全,确保中国民航的安全运行掌握在自己手中。”

为支持数据庞大的民航运营系统,国产算力芯片企业和民航积极合作,助力建设智慧民航生态。

海光信息副总裁杨鸿轩向记者表示,“民航对于先进算力的需求是巨大的,在气动仿真、数字孪生、航班预测等多个场景下都需要传统的通用算力及智能算力结合,实现民航的安全绿色智能化发展。”

多位行业人士提到,在民航业发展过程中,结合现有应用场景进行面向芯片级的合作开发是建设良好民航生态的重要方式。

北京捷通华声科技股份有限公司副总经理过霖表示,民航企业和算力企业的合作不应只在项目落地寻找供应方的时候有,而应该从芯片产品研发和解决方案布局的过程中就开始进行前期支持合作,这样到应用场景成熟时能更加从容。

对此,海光信息推出全新产品形态AI超集群解决方案,基于AI计算开放架构设计,能够帮助生态伙伴及用户在AI应用存储性能加速、液冷超节点系统设计、GPU框架开发方面,获得高级别技术共享、深度定制优化与专业技术支持。

杨鸿轩表示,该系统基于开放的AI架构设计,全面适配多品牌的AI加速卡,全面兼容主流AI软件生态,可为民航大模型的训练推理、行业大模型微调、多模态大模型的开发等更多场景打造强力算力底座。

“民航业算力分布分散,算力架构也非常多元,常有多种异构算力并行使用的情况。未来,海光信息希望能协助民航用户,实现多元算力融合和智能调度,助力构建民航算力调度一张网。”杨鸿轩说。