

可控核聚变商业化应用进程加速

■中国城市报记者 孙雪霏

日前,在四川省成都市召开的可控核聚变未来产业推进会上,中核集团联合25家央企、科研院所及高校共同组建了可控核聚变创新联合体,宣布中国聚变能源有限公司(筹)成立,同时发布了首批未来能源关键技术攻关任务。消息一出,可控核聚变商业化应用的话题引发热议。

可控核聚变具有资源丰富、环境友好、固有安全等优势,是目前认识到的能够最终解决人类能源问题的重要途径之一,“人造太阳”则是利用核聚变能源的关键装置。作为理想的未来能源,可控核聚变实现难度极高,但我国在这一领域的突破尝试已展现出了技术前景。

商业价值被证实

“人造太阳”常常出现在科幻小说中,如今正加快进入现实世界。

在陕西省西安市城北,一座10米高乳黄色厂房中有一颗球形装置。该装置便是陕西星环聚能科技有限公司(以下简称“星环聚能”)打造的“人造太阳”。今年一季度,该装置将首次把内部加热到1700万摄氏度,超过太阳核心1500万摄氏度的高温。据了解,星环聚能自2021年成立以来,已募集超6亿元人民币风险投资,其理想化目标是在2032年前后实现可控核聚变技术的商业化发电。

同时,上海市、安徽省合肥市和河北省廊坊市等地,类似实验设施正兴起。星环聚能天使投资者、中科创业创始合伙人米磊称:“可控核聚变可能是能源领域的一次重大革命,与量子计算和人工智能革命不相上下。”

核聚变技术与现有核电站的核裂变技术原理不同。核裂变是通过较重原子核的分裂获

能,核聚变则是将较轻原子核聚合为更重的原子核,模拟太阳等恒星的发光发热过程。国际原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西曾指出,核聚变每千克燃料产生的能量是核裂变的4倍,远超传统化石燃料,是清洁能源的未来。

尽管自1952年首次氢弹试验以来,核聚变一直未在发电领域取得实质性突破,但2021年,高温超导技术取得突破,核聚变在资本市场破冰。美国公司Helion在2021年11月获得5亿美元融资,其投资者包括OpenAI创始人萨姆·奥特曼等。加拿大General Fusion和美国麻省理工学院孵化的Commonwealth Fusion Systems(CFS),也分别完成了大额融资,投资方包括老虎环球基金、谷歌以及微软创始人比尔·盖茨等,表明资本市场对核聚变技术的信心日益增强。

聚变行业协会(FIA)2023年发布的第三份年度报告《全球核聚变行业报告》称,全球核聚变行业投资从2022年的48亿美元增至2023年的62.1亿美元,有13家初创企业加入核聚变的开发。其中,23家企业预计,2035年前全球首座核聚变电厂将投入使用。

翌曦科技创始人兼董事长、上海市高温超导材料与系统工程技术中心主任金之俭表示:“能源市场的主导权将从资源控制国转向技术控制国。”

高温超导破冰

在中国核聚变技术的发展浪潮中,市场化资本的力量显著。2021年成立的能量奇点和星环聚能,至今共募集约14亿元人民币资金,显现出私营资本对此技术的高度关注。同时,国家支持的中国科学院等离子体物理研究所(下称“等离子体所”)与中核集团核工业西南物

理研究院(下称“西物院”)也在核聚变领域发挥着重要作用。

2023年,与等离子体所合作的聚变新能有限公司(下称“聚变新能”)在合肥市建设紧凑型聚变能实验装置BEST,中核集团和江西省政府联合建设投资超200亿元人民币的可控核聚变项目……这些举措标志着中国在核聚变技术上的加速发展。

星环聚能创始人兼CEO陈锐表示,尽管建造可控核聚变装置还面临非常多的难题,但其物理原理已相对明确,比如聚变堆反应温度条件等。关键在于如何在已知的工程技术中找到最佳组合,以满足核聚变的严苛条件。

氘和氚是最易实现聚变反应的氢同位素。虽然海水中氘储量丰富,但氚极为稀缺。同时,核聚变的实现需要高温和高压环境,而在地球上模拟太阳的条件并非易事。可控核聚变反应要么通过压缩聚变燃料至极高密度来实现(惯性约束路线),要么通过将燃料加热至上亿摄氏度高温形成等离子体气体(磁约束路线)。

惯性约束路线目前逐渐成为技术主流,但聚变反应所需的1亿摄氏度的温度是太阳表面温度的2万倍。为聚变反应打造一个合适的容器是最大挑战。

据了解,托卡马克装置是目前最成熟的聚变堆设计方案,其使用超导材料产生强磁场,将等离子体约束在真空室中心,避免与反应堆壁接触。国际热核聚变实验反应堆(ITER)项目,正是基于这一设计。尽管ITER项目自启动起就命运多舛,不断更改设计,但高温超导材料的发展,尤其YBCO(钇钡铜氧)二代高温超导材料的逐渐成熟,为聚变堆的小型化提供了可能。

金之俭指出,CFS自2018年成立以来,一直在关注高温超导材料的商用潜力,并在全

球范围内寻找供应商。

“人造太阳”三步走

核聚变技术的商业化进程正赢得资本市场的关注。CFS拿到超过18亿美元B轮融资,震动业界,表明可控核聚变技术正在从长期科研项目转变为可实现的投资机会。2022年6月,国内多家投资机构,包括顺为资本、中科创业等12家机构,共同投资星环聚能2亿元人民币,显示出市场对这一领域的高度期待。

CFS的融资成功激励了陈锐,并认为现在是可控核聚变技术发展的关键时期。他表示,国内科研机构除了等离子体所和西物院外,单靠国家经费已难以支撑研发,因此市场化发展成为必然趋势。米磊等投资者的快速决策显示出他们对核聚变领域发展速度及其巨大潜力的认可。

星环聚能的发展规划分为三步:第一步是建立原理验证装置,计划在今年一季度完成;第二步是构建技术验证装置CTRFR-1,一台接近聚变堆要求的中型高温超导球形托卡马克,预计2027年实现;第三步则是打造商用示范堆CTRFR-2,将与业界合作验证聚变堆的燃料循环、功率输出、抗中子与热负荷材料等问题,计划2032年实现。这一路径突显了星环聚能在磁重联技术和多冲程重复运行方式上的独特之处,表明其在核聚变领域的创新能力。

国家支持的项目也在加速。合肥市等离子体所在聚变领域研究已逾40年,其东方超环EAST是一台全超导托卡马克装置,2023年4月创下了托卡马克装置高约束模式运行的世界纪录。等离子体所不仅计划用低温超导技术建成聚变堆主机关键系统综合研究设施

“夸父”(CRAFT),还成立了聚变新能公司,采用高温超导磁体,分实验堆、工程堆、商业堆三步走。

这些实践表明,中国在核聚变领域正迎来民营企业和“国家队”的共同发力。陈锐认为,民营企业虽然在研发人数和融资规模上不及“国家队”,但在承担风险和运转效率上具有优势,希望政策层面能支持不同路线的研究,以推动聚变能商业化多元化发展。

有业内人士指出,核聚变是一个资本密集型行业,面对全球融资环境变化,企业需要吸引更多投资者以跨越种子轮和A轮之后的“死亡之谷”。随着民营企业和“国家队”的相继进入,中国在核聚变领域的竞争格局将更为清晰。

不确定的未来?

当前,有人将对可控核聚变技术的探索类比为在商业航天领域的开拓。前者与后者有着相同的长周期、资本密集、高技术门槛等特性,但又因前者独特的技术挑战而被另当别论。作为一项更加前沿的科技,可控核聚变技术成功实现的可能性尚存疑问,所有企业都在探索尚未被开拓的领域。

核聚变发电面临的技术挑战极为复杂。除了需要长时间维持高温等离子体运行以产生足够的聚变反应,还要考虑燃料的及时补充、反应堆壁材料的耐高温性能,以及高效转化聚变能量为电力的问题。目前还没有一款聚变堆能同时解决这些关键问题,导致各家企业都处于试错阶段。

目前,全球的核聚变探索还未形成统一的技术方向,使得更多投资者持观望态度。联想集团副总裁、联想创投合伙人王光照认为,核聚变领域的现状与量子计算类似,存在多条理论至实践的路径,每条路线都面临着各自的技术难题。

此外,核聚变技术的监管和安全性也是关键考虑因素。英国在核聚变监管方面较为超前,而国际原子能机构则认为核聚变过程本质上是安全的,因为它依赖燃料的连续输入,聚变反应可以迅速自行停止。

尽管核聚变技术的商业化前景充满不确定性,核聚变行业协会仍对其持乐观态度,认为多元化的技术探索将增加实现商业化的机会。除了发电,核聚变技术在星际旅行方面也具有潜在应用价值。作为刘慈欣所著科幻小说《三体》的忠实读者,陈锐寄望未来能将核聚变技术应用于动力飞船,实现人类的星际旅行梦想。

甘肃民乐: 高效光伏组件生产忙

1月11日,位于甘肃省张掖市民乐生态工业园区的甘肃大民新材料800MW高效光伏组件生产线上,工作人员正在对覆膜前光伏组件进行严格检测。

近年来,甘肃省民乐县加速能源装备制造产业建链集群,光伏组件、储能电池等装备制造项目建成运行,推动了光伏、氢能、储能等细分产业链形成。

人民图片

