

高端访谈

“氢”装上阵 打开新能源产业空间

——访中国工程院院士、华东理工大学教授涂善东

提要:氢能是推动能源转型与绿色发展的新动力。应以产业需求为导向,统筹发展与安全,加快相关技术落地应用。浙江可在人才培养、科技金融、政策集成等方面率先探索布局氢能产业,为构建新型能源体系提供先行样本。

■ 本报记者 周宇晗 王妍妍
通讯员 吴丹李 林依捷

能源是现代化的重要基础和动力,能源保障和安全是须臾不可忽视的“国之大事”。“十五五”规划纲要作出明确部署:深入实施能源安全新战略,加快构建清洁低碳安全高效的新型能源体系,建设能源强国。今年初,习近平总书记在河北雄安新区考察时强调,“能源问题是发展中的战略问题”“一定要坚持走清洁、低碳发展的路子”。如何认识构建新型能源体系的重要性和迫切性?如何加快推动氢能等新能源技术走向生产生活,造福国计民生?本报记者就此采访了中国工程院院士、华东理工大学教授涂善东。

能源的饭碗必须端在自己手里

记者:习近平总书记深刻指出,“能源问题是发展中的战略问题”“能源的饭碗必须端在自己手里”。如何理解构建新型能源体系的战略意义?

涂善东:对中国而言,加快构建新型能源体系是一道“必答题”。

从需求侧来看,中国是世界上最大的能源消费国。2025年,全社会全年用电量突破10亿千瓦时,规模保持世界第一,相当于美国的两倍多。未来,产业结构优化升级、新质生产力培育壮大、城乡建设扩容提质、人民生活品质提升等都离不开持续而稳定的能源支持。从供给侧来看,我国虽然是全球最大的能源生产国,但“富煤、少气、缺油”,近73%的石油、40%的天然气依赖进口。近年来,全球地缘政治冲突持续发酵,国际能源市场震荡加剧,不断警示我们,必须进一步提升自给水平,牢牢守住用能底线,把能源安全这条“命脉”掌握在自己手中。

“十五五”规划纲要明确提出,深入实施能源安全新战略,加快构建清洁低碳安全高效的新型能源体系,建设能源强国,要求“推进非化石能源安全可靠有序替代化石能源,坚持风光水核等多能并举,实施非化石能源十年倍增行动”。结构性的调整意味着新型能源体系建设不仅要追求能源“量的优势”,还要从根本上改变各种能源生产、配置、消费的比例关系,实现“质的跃升”,质量并举保障安全。

记者:近年来,您积极推进核电、氢

能的研发应用,提出“要让新能源造福于民”。在您看来,新能源的广泛应用除了保障能源安全,还有哪些深层次内涵?

涂善东:新能源的崛起,本质上是生产力革命在能源领域的集中体现,是工业文明迈向生态文明的必由之路。

从生产力逻辑来看,每一次生产力的大解放都始于关键核心技术的突破,能源领域也是如此。从古人钻木取火,到蒸汽动力时代的到来;从核能实现和平利用,到今天可再生能源的兴起,历史规律清晰可辨——谁掌握了新的能源动力技术,谁就握住了下一轮经济长周期的钥匙。

从发展逻辑来看,推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节,也符合人民群众对良好生态环境的期待。尤其是我国要落实“双碳”行动,就必须实现能源结构的深度脱碳。没有非化石能源对化石能源的大规模替代,“碳达峰”“碳中和”就只是空谈。

从应用逻辑来看,新能源是“兴自然之能,永续以利民”。一种能源的价值,既要看其来源的可持续性,也要看其覆盖多少终端应用场景。以氢能为例,自然界中氢元素储备丰富,且氢能的独特之处在于它是“万能接口”——既能作燃料驱动轮船、汽车、飞机等运输设备,又能作原料替代焦炭和石油,还能作储能介质支撑电网调峰,应用场景非常广泛。

总之,新能源承载着三重使命:驱动生产力跃升、兑现“双碳”承诺、赋能千行百业。对我国而言,摆脱对化石能源的依赖及其对外的依存更是具有重要的现实意义。理解了这些逻辑,也就理解了为什么我国正以前所未有的力度推进新能源产业的规模化、集群化、体系化发展。

统筹推进原创技术和使能技术研发应用

记者:您指出,氢能是用能终端实现绿色低碳转型的重要载体。当前氢能从实验室走向应用端,面临着怎样的机遇和挑战?

涂善东:氢能具有原料和能源双重属性,而且氢燃料的唯一排放物是水,整个过程无污染、零排放。这些都决定了氢能是推动能源转型与绿色发展的新动力。

我国在氢能领域的研究和开发起步不晚。20世纪60年代初,为了发展航天事业,就围绕液氢的生产、氢氧燃料电池的研制做了大量工作;2008年北京奥



5月18日,在嘉兴港乍浦港区二期码头,“东方氢港”号正式投入“乍浦—下沙”120公里专线运营。这是全国首艘内河64标箱氢燃料电池动力集装箱船,其正式投运标志着我国内河氢燃料电池动力船舶应用实现“零的突破”。

运会期间,我国批量投入氢燃料电池大巴进行示范运营;2022年,《氢能产业发展中长期规划(2021-2035年)》首次将氢能明确为“未来国家能源体系的重要组成部分”;2025年1月,《中华人民共和国能源法》正式施行,首次在法律层面确立了氢能的能源地位。目前,我国氢能发展呈现三方面特征:

第一,政策支持力度加大。在《政府工作报告》等重要文件中,氢能从电力体系的“补充选项”到“前沿新兴”再到“新增增长点”,战略地位迅速提升。

第二,核心技术自主可控水平提升。截至2025年底,我国涉氢专利累计申请量突破10万件,位居全球第一;在59项关键氢能技术中,有6项达到国际“领跑水平”,3项实现从“跟跑”到“并跑”的升级。

第三,产业规模不断扩大。“十四五”以来,我国氢气年消费规模达3900万吨,稳居全球首位。其中可再生能源制氢产能大幅提升,2025年绿氢(利用风能、太阳能等可再生能源电解水制氢)产能已占全球绿氢产能的一半以上。氢能可在工业、民生等领域的应用场景持续拓宽,截至2025年底,氢燃料电池汽车累计销量近4万辆。更重要的是,随着可再生能源发电成本持续下降和电解槽技术的不断进步,绿氢生产成本迅速下降,预计2030年部分资源优越地区的规模化项目可逼近灰氢成本(天然气、煤炭等化石燃料的制氢成本),为大规模替代化石能源提供了坚实的经济可行性。

与此同时,也必须清醒地认识到,当前氢能产业仍处于跨越技术经济拐点的

关键时期,距离规模化商业化还有差距。总体而言,还面临“氢不够绿、量不够大、价不够低”的瓶颈。每年氢产量虽居全球前列,但大量氢源仍来自化石能源制氢;基础设施建设亟待完善,加氢站投资巨大、审批周期长、空间分布密度不足;技术标准体系尚不健全,储运环节成本高企。此外,储氢的安全性有待加强,公众还存在氢气“易燃易爆”的固有印象,影响了终端市场的接受度和消费意愿。

习近平总书记多次强调“推动科技创新和产业创新深度融合”。新技术要走向现实,“从0到1”的原创性突破和渐进式的改进都不可或缺,但以应用为目标的使用技术的出现,往往能带来跨领域、颠覆性的产业创新,极大提高生产力和生产效率。氢能制、储、输、用环节都还存在“卡脖子”问题,须从基础研究、技术创新、成果转化三端同时发力,推进全产业链集成攻关。

为新型能源体系建设练就“氢”功

记者:今年《政府工作报告》提出,要培育氢能、绿色燃料等新增长点。请您谈谈,如何加快攻克痛点堵点,打开氢能产业化发展新空间?

涂善东:首先,坚持“两条腿走路”的战略规划,即绿氢制造规模化、灰氢绿色低碳化,积极稳妥发展氢能。绿氢是最终目标,但无论从经济性还是安全性考量,一定时期内还要用化石能源制氢,同时不断推进CCUS配套改造、工业副产氢提纯低碳化。我们必须立足资源禀赋、坚持先立后破,推进关键核心技术攻

关,推动灰氢平稳过渡到绿氢,统筹产业发展与安全。

其次,以产业需求为导向,构建产学研用协作机制。市场既是科技创新的“风向标”,也是“试验田”与“加速器”。任何一种技术要实现规模化应用,每个环节都必须经受住成本与经济性、技术与安全性、基础设施与市场认知多重“拷问”。这需要产、学、研、用各方强化共识、形成合力。华东理工大学建设“氢能绿色制造与利用关键核心技术”集成攻关大平台,秉持的也是这一理念。我们聚焦绿色制氢、安全储氢、低碳用氢全链条技术,打造“研发—中试—产业化”闭环。一方面运用学校学科优势,加强制氢催化剂、抗氢材料等核心技术的自主研发;另一方面与中国石化、中国化学、中能集团等氢能产业领军企业达成合作,推动了一系列重大工程落地。

第三,营造更加包容的创新生态。绿氢的广泛推广,事关国家能源安全和经济社会绿色低碳转型,不仅需要发挥更大作用,营商环境和社会文化也需要提供支持。尤其是新产业、新业态在萌芽阶段,常常是风险未知、成效未知,政府能否进一步树立战略思维,建立起更加科学的治理体系,平衡好“管得严”和“放得活”的关系,对于产业高质量发展

和产业链的形成,至关重要。记者:浙江正加快建设新型能源体系,提出加快培育包括氢能在内的一批前沿科技创新应用场景。您对浙江布局氢能产业有何建议?

涂善东:浙江是化石能源小省、用能大省,推进氢能产业高质量发展,可以为

全国提供经验启示。在我看来,浙江至少可以从三个方面展开探索:

一是打造“有温度”的人才培养模式。创新驱动实质上是人才驱动。身处工程教育一线多年,我一直提倡要为学生定制“有温度”的工程教育,强调工程师要有工程伦理与人文关怀,以服务社会发展、增进民生福祉为己任,让技术走入民众生活。浙江拥有一批全国一流高校、科研平台和科创企业,可以在教育、科技、人才一体化发展上下功夫,培养更多懂“氢”功、懂市场、有情怀的复合型人才。

二是构建“有活力”的科技金融体系。从基础研究到技术研发,再到产品研发、中试、大规模产业化,中间有多个“死亡之谷”,多次“惊险一跃”。创新主体特别是小微企业,往往难以独自承担全部风险。科技金融就是跨越“死亡之谷”的关键燃料。浙江应发挥市场机制灵活、民营经济发达、创新氛围浓厚的优势,引导更多耐心资本和优质资本向氢能及其相关领域聚集,与科技发展同向发力,投早、投小、投长期、投硬科技。

三是强化“可感知”的政策集成支持。政策导向对行业发展具有基础性、方向性的影响。浙江应瞄准国家战略和区域发展的耦合点,加强氢能领域相关政策的协同性和连续性,加大扶持力度,优化政务服务,大力培育稳定、公平、透明、可预期的发展环境,让更多创新主体敢于进入氢能领域,闯出自己的一番事业。(本期栏目协办单位:浙江大学管理学院)



专家简介:涂善东,我国化工装备安全技术领域顶尖专家,中国工程院院士,华东理工大学教授,科学技术协会主席,“氢能绿色制造与利用关键核心技术”集成攻关大平台主任。曾任华东理工大学副校长、南京工业大学副校长等职。长期致力于高温高压设备安全技术研发,创新发展的安全评价与本质安全调控技术,成功应用于能源、石化等重工业领域,为我国万台压力容器事故的逐年下降作出了不可磨灭的贡献。先后5次荣获国家科技奖励,包括国家科学技术进步奖一等奖1项、二等奖3项。

纵横谈

科技金融推动新能源技术跨越产业化鸿沟

■ 黄英

2026年是“十五五”规划开局之年,也是新质生产力培育和现代化产业体系建设的关键窗口期。金融是国民经济的血脉,科技金融是创新催化剂,有助于促进科技创新和产业创新深度融合、壮大新质生产力。国家层面及浙江省层面都把科技金融全生命周期服务和耐心资本培育摆在突出位置。

当前,新能源产业是国家战略性新兴产业的重要组成部分。新型储能、深远海风电、光伏、氢能、先进电池等技术产业化规模化应用,既是经济社会绿色低碳转型的刚需,也是保障高质量发展和能源安全的重要支撑。从实验室到生产线、从样机到量产、从试点示范到规模化推广,既考验技术成熟度,更考验金融供给的精准性与持续性。浙江作为资源小省、用能大省,应加快革新科技金融体制机制、畅通“科技—金融—产业”良性循环,助力更多新能源技术跨越产业化的“死亡之谷”,落地生根。

把资金投向更早、更小、更硬环节。新能源技术产业化的突出短板是早期资本供给不足。大量科研成果进入中试放大、样机迭代、场景验证阶段,尚无稳定订单、缺乏传统抵押物,难以满足银行授信要求;社会资本因技术路线不确定、退出周期长,普遍等到企业产生营收后才愿介入,导致“死亡之谷”阶段资金供给缺口较大。破解困境,须贯彻“投早、投小、投长期、投硬科技”的导向,构建由政府引导基金、天使基金、概念验证基金、产业基金等共同组成的资本生态。政府资金重在产业引导和风险分担,撬动银行、创投、保险、担保协同发力。浙江可聚焦储能材料、电力电子器件、氢能装备、零碳解决方案等前沿领域,构建覆盖初创、成长、成熟各阶段的金融服务体系,为早



期硬科技项目提供稳定资本支持,打通成果转化“最初一公里”。

使金融服务贯通研发、中试和量产。新能源技术产业化历经基础研究、工程化验证、中试熟化、批量生产、场景推广等诸多阶段,各阶段风险特征不同,需匹配差异化金融工具。研发阶段依托省、市、县三级基金,建立政府、能源企业、制造业龙头企业、高校院所、金融机构联动的验证机制。将示范运行、订单履约、碳减排等数据转化为信用要素,为金融机构风险评估和定价提供可靠依据。让风险共担机制提升金融机构敢贷愿投能力。新能源科创企业融资难,根源在于风险共担体系不健全。硬科技创新不确定性高,失败概率大,风险过度集中易导致金融供给趋于保守。需构建政府、市场、企业多方风险共担、收益共享的制度框架。一是完善政策性

担保、再担保和风险补偿机制,对战略导向明确、技术含量高、带动性强的新能源企业强化增信。二是壮大科技保险、绿色保险供给,拓宽研发责任险、首台(套)保险、知识产权保险等覆盖面,降低技术转化初期不确定性。三是支持银行设立科技金融专营机构,健全尽职免责与容错机制,强化硬科技专业研判能力。四是畅通创投、银行、担保、保险信息共享与业务协同,形成“股权引领、债权跟进、保险兜底、担保增信”的融资接力格局。

以浙江创新探索打造科技金融生态闭环。浙江民营经济活跃、创新平台集聚、绿色金融基础扎实、数字化改革走在全国前列,具备打造新能源科技金融生态的良好条件。下一步,要统筹政府引导、市场运作、专业服务与长期资本,构建支撑新能源技术产业化应用的制度优势。强化创新链、产业链、资金链、人才链深度融合,聚焦重点赛道,推动高校、龙头企业、金融机构共建中试验证与产业创新联合体,让金融介入节点前移。健全知识产权、软件算法、运行数据、碳资产等新型权益价值评估机制,拓宽科创企业合规融资抵质押渠道。提升资本市场服务效能,支持优质新能源企业通过股权、债券、并购重组做大做强。优化基金运营与绩效评价体系,以耐心资本撬动社会资本沿产业链精准配置,加速新能源技术规模化落地。

科技金融不能拘泥短期财务指标,也不能脱离产业发展规律粗放投入。唯有依托耐心资本、专业研判、场景支撑、风险共担,才能有效帮助科创企业跨越“死亡之谷”。浙江要以科技金融机制创新为牵引,为新型能源体系建设不断注入金融“活水”。

(作者为浙江大学管理学院教授,浙江大学资本市场研究中心主任、金融研究院首席专家)

企业家说

从“低端制造”向“绿色智造”跨越

■ 张天任

3月27日,在中国北方国际自行车电动车展览会上,天能集团的展台被围得水泄不通。铅电、锂电、氢电、钠电四大技术路线的10款新产品首次同台亮相。有5家企业当场就与我们签署了战略合作协议。

这是天能40年来深耕技术研发、绿色能源制造与全场景技术布局的一次集中呈现。然而,成功并非一蹴而就,天能也曾经历过转型的阵痛与抉择。20世纪80、90年代,长兴蓄电池产业快速发展。但技术含量低、资源消耗大、环境容量逼近“天花板”等问题日益突出,粗放式发展难以为继。天能也站在了发展的“十字路口”。

破局始于2004年。那年6月,时任浙江省委书记习近平同志视察天能集团。他亲切勉励天能“腾笼换鸟”,运用高新技术、先进设备和先进工艺,改造提升传统铅酸蓄电池产业,努力向产业链、价值链高端攀升,从数量、规模的粗放扩张向高质、高效的集约转型。2005年,习近平同志在湖州安吉首次提出绿水青山就是金山银山理念。

牢记习近平同志的谆谆嘱托,天能下定了“腾笼换鸟”“凤凰涅槃”的决心,要将绿色深深熔铸于产业链的每一个环节,成为企业高质量发展

的驱动力,并开启了从单一电池制造商向绿色能源系统解决方案商的转型。第一步,就是逐步清退全部落后产能。按照“举生态旗,打智慧牌,走循环路”的战略布局,在行业内率先开展绿色生态设计。经过几年攻坚,全面实现工艺设备的清洁化、智能化,对铅蓄电池、锂电池进行全生命周期管理。此后,绿色生态的闭环持续完善。废旧电池如果处理不当,也会污染环境,造成资源浪费。从2009年起,天能用17年时间构建起“回收、处

置、再利用”的完整链条,在全国建成6大循环经济产业园,年处理废旧电池逾亿达170万吨,铅回收率超过99%,主要污染物接近“零排放”。

随着企业向新能源领域深度进军,我愈发感觉到,绿色化、智能化不是企业额外支出的成本,而是转型升级的必经之路,是提升核心竞争力、在市场竞争中实现“突围”的必胜法宝。我们革新理念,将曾经被视为“负担”的电池再生业务做成了行业标杆。过去5年,天能售出的绿色电池累计实现二氧化碳减排近10亿吨。凭借技术赋能,我们构建起“铅、锂、氢、钠、固”多元电池技术体系,形成动力电池、储能系统、资源循环三大主导产业。在马鞍山国家级绿色工厂,上千个工艺控制点实现毫秒级反馈,机械臂在视觉引导下精准装配,每块电池都被赋予了“身份二维码”,实现全生命周期可追溯。通过畅通从“实验室”到“生产线”的产业化规模化之路,我们不断拓宽产品应用场景。天能动力电池广泛应用于电动车、工程机械、船舶、飞行器;储能系统涵盖发电侧、电网侧、工商业及户用储能。我们还携手国家电网、国家电网等央企,落地全国首座电网侧储能电站、全球单体最大的智慧储能项目“和平共储”等标杆项目。

2025年,集团营收突破2200亿元,在全国企业500强中排名第1270位。浙江省“十五五”规划纲要提出,深入构建清洁低碳、安全可靠、高效节能的新型能源体系,“推进储能多元发展”“有序推进锂电池储能建设,探索开展固态电池、氢储能等应用”。站在“十五五”开局的新节点,天能将以加快发展新质生产力为牵引,锚定未来能源新赛道,大力发展新型储能,助力电池产业从“低端制造”向“绿色智造”跨越,为践行“两山”理念、建设美丽中国贡献力量。

(作者为全国人大代表、天能控股集团董事长)