

县域经济样本调查②

省委财经办指导

泰安市肥城市

□ 本报记者 戴岳 李培乐 王洪涛

2025年,一纸新政为狂奔的新型储能产业按下“冷静键”。在能源转型中,储能被视为平衡电网、消纳绿电的关键枢纽。国家取消新能源电站强制配置储能的要求,标志着储能产业依赖政策驱动的时代结束。如今,它必须依靠自身实现商业化生存。在这场关乎未来的考验中,一个并非锂矿富集的内陆县城——泰安肥城,悄然构筑起一条覆盖研发、制造、运营、服务的新型储能产业链。它的故事,成为一个具有解剖价值的微观样本。

从地下盐穴起家,到押注钠电新赛道 肥城储能“三重奏”

地下逆袭:废弃盐穴变“电力银行”

2025年新能源强制配储政策取消,储能行业面临市场化生存大考。肥城却将废弃盐穴变为压缩空气储能的“储气罐”,吸引多个百兆瓦级项目落地,从“历史包袱”中挖出千亿级产业机遇。

储能作为“电力蓄水池”,肩负着平抑波动、移峰填谷的重任。过去几年,在“强制配储”的要求下,2024年底全国新型储能装机量已达7376万千瓦,位居世界第一。

2025年初,国家发展改革委、国家能源局联合发布《关于深化新能源上网电价市场化改革促进新能源高质量发展的通知》(以下简称“136号文”),让储能企业必须直面一个生死攸关的问题:在没有直接补贴的情况下,仅凭峰谷价差、辅助服务等市场收入,能否实现真正盈利?

“136号文”的核心逻辑,是将新型储能全面推向市场,使产业从粗放的“拼规模”转向精细化的“拼效率、拼商业模式”。行业迅速分化,各区域寻找着自己的定位:江苏侧重电网侧储能,广东大力鼓励用户侧储能发展,青海布局锂电全产业链……

山东,凭借电力市场改革先行的优势,跻身储能大省行列,成为观察这场变局的重要样本。至2025年9月底,山东新型储能运规模达965万千瓦,居全国第三。省内,一场围绕技术路线与商业模式的“竞赛”同步展开:淄博发展氢能、枣庄聚力锂电池,而泰安提出打造千万千瓦级“储能之都”、千亿级“泰山锂谷”,其下辖的县级市肥城,则将目光投向了地下那些被遗忘的盐穴。

“当时我们测算过,300MW项目如果用盐穴储气,总投资比人工洞节省约5亿元,成本降低25%。”中储国能(北京)技术有限公司肥城项目负责人侯虎灿在一张图纸上比划着。2019年,中国科学院工程热物理研究所旗下的产业化公司与肥城结缘。

彼时,中国科学院工程热物理研究所团队正在为压缩空气储能技术寻找“储气罐”,肥城人带着翔实的盐穴地质资料找上了门。“我们那废弃的盐穴,你们的技术能不能

不做“房东”做“链主”:攀登产业链顶端

不甘只做“电站房东”,肥城以盐穴储能项目为牵引,吸引核心装备制造落户,形成“造穴—储能—制造”闭环产业链。政府化身“超级产品经理”,通过专员服务、产业基金等组合拳,筑牢产业生态壁垒。

肥城的产业决策,远非“靠天吃饭”那么简单。它也不满足于只做“储能电站的房东”。“单纯的项目应用,运营利润薄,还要看电价脸色。”一位行业分析师指出。

储能产业链如同一座清晰的金字塔,底层是项目运营,中层是系统集成与制造,顶端是核心原材料与关键设备。附加值随着环节上移而显著提高,抗风险能力也随之增强。

肥城的目标,就是逐绿前行、向高攀登。其路径是:以本地巨大的盐穴储能项目建设为基础,吸引核心装备制造就近落户,实现“以场景引技术、以市场换产业”。

在中国科学院工程热物理研究所正高级工程师、储能研发中心总体部部长周志看来,这一思路清晰明确。

按照“前端制盐建穴、中端新型储能、后端装备制造”的思路,用“链式招商+高效服务”模式,肥城完成了全产业链布局。

以首航高科肥城项目100MW二氧化碳储能项目为例,随着项目落地,为其提供核心装备的北京前浩动力科技有限公司随即被吸引至肥城设厂。随着中储国能多个项目落地,其压缩空气储能装备制造项目也进驻肥城。

这一策略成效显著。肥城从一个应用现场,变成了一个备受关注的“样板间”。

“去年我参与接待的各类考察近百次。”侯虎灿透露,“现在已有很多项目在谈,目前在全国范围内备案的项目有几十个。”

前沿动力等公司提供的国产化核心装备,是考察者关注的焦点。“我们的链式装备不仅供本地项目,还销往全国各地。”该负责人表示。

目前,中国在压缩空气储能领域的关键设备国产化率已突破90%,大大降低了系统建设成本,并显著缩短了项目交付周期。”上述行业分析师表示。

“多个装备制造项目全部建成后,预计年

用?” 肥城是国内重要的井矿盐产区。长期采矿,在地下800—1000米深处留下了46对巨大的盐穴,地下腔体总体积超过2000万立方米。过去,这些采空后的洞穴是标准的“历史包袱”。“传统做法就是注水封井,一关了之,还要投入资金维护。”肥城市发展和改革委员会局长于辉说。

正是这句看似简单的提问,点燃了产业发展的星火。实地考察的结果令人振奋:肥城盐穴地质适中、地质结构稳定、内部压力适合,是建设压缩空气储能的理想场所。

压缩空气储能的技术原理并不复杂:用电低谷时,将空气压缩注入地下洞穴储存;用电高峰时,释放高压空气发电。它在全球的探索已有数十年历史。

早在1978年,德国建成了世界第一座投入商业运行的压缩空气储能电站;1991年,美国亚拉巴马州的McIntosh电站投运。

压缩空气储能的成本构成,决定了其经济性的核心在于找到一个巨大、稳定且廉价的“储气罐”。侯虎灿介绍,人工挖掘洞穴造价高昂,而现成的废弃盐穴,几乎是天赐之选。

2021年,中储国能肥城10MW压缩空气储能电站项目建成,成为国内压缩空气储能领域首个参与电力市场现货交易的电站。

“如果没有肥城10MW的项目,现在全国范围内的压缩空气储能产业不可能发展那么快。”侯虎灿坦言,中国科学院团队自2004年起开展压缩空气储能技术研发,但之前这套技术并不被大众熟知。

“从0到1”的突破,像一块磁石吸引着央企和行业巨头接踵而至:中国科学院具有自主知识产权的国家首台(套)300MW先进压缩空气储能项目、全国在建单机容量最大的中电建350MW项目、在建总装机规模最大的中电建2×300MW项目相继落地……肥城的盐穴,成了储能领域的“黄金矿脉”。

截至目前,肥城在建及洽谈的相关项目22个,总投资340亿元,正朝着建成全国规模最大、技术最集中的盐穴压缩空气储能示范基地目标稳步迈进。

产各类储能装备40余台套,实现产值200亿元以上。”肥城经济开发区党工委书记、管委会主任董振说。

一条从“采盐造穴”到“储能储气”再到“装备制造”的闭环产业链,已初见雏形。然而,产业的集聚绝非偶然,其背后是一套精密而高效的服务体系在支撑。

在此过程中,地方政府的角色被重塑为“超级产品经理”。从项目签约伊始,一名指定的政府服务专员便全程“嵌入”企业,成为协调解决审批、融资等各类难题的“超级接口”。

“我们的350MW项目设计年发电量约4.6亿度,相当于满足20多万户家庭一年的用电需求,预期年营业收入可达4亿元。”中能建山东泰安(肥城)350MW盐穴压缩空气储能电站项目总经理刘少勇说,“项目启动阶段,办理‘压覆矿’相关手续流程复杂,政府专员带着我们跑完了所有部门,确保手续顺利完成。”

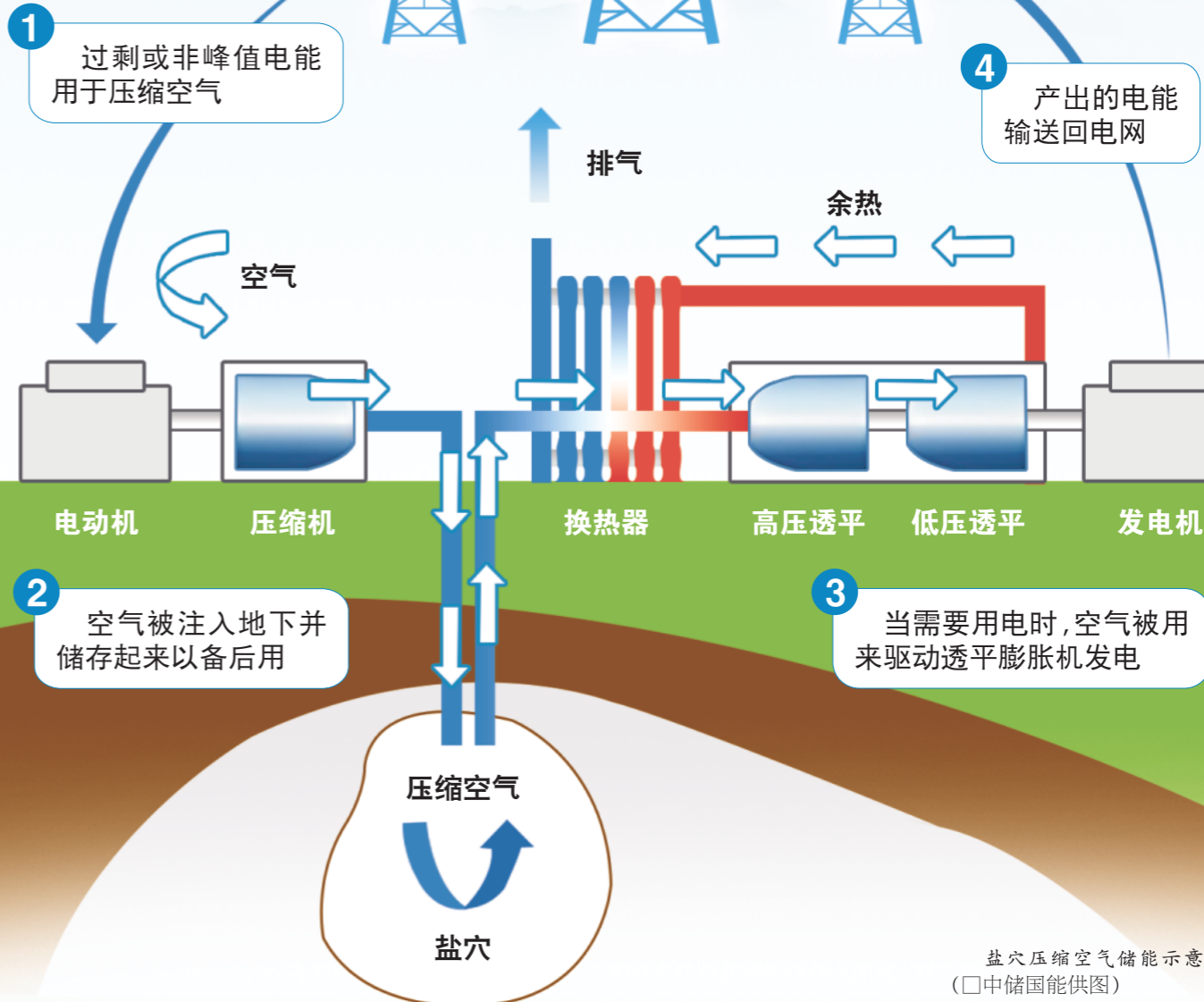
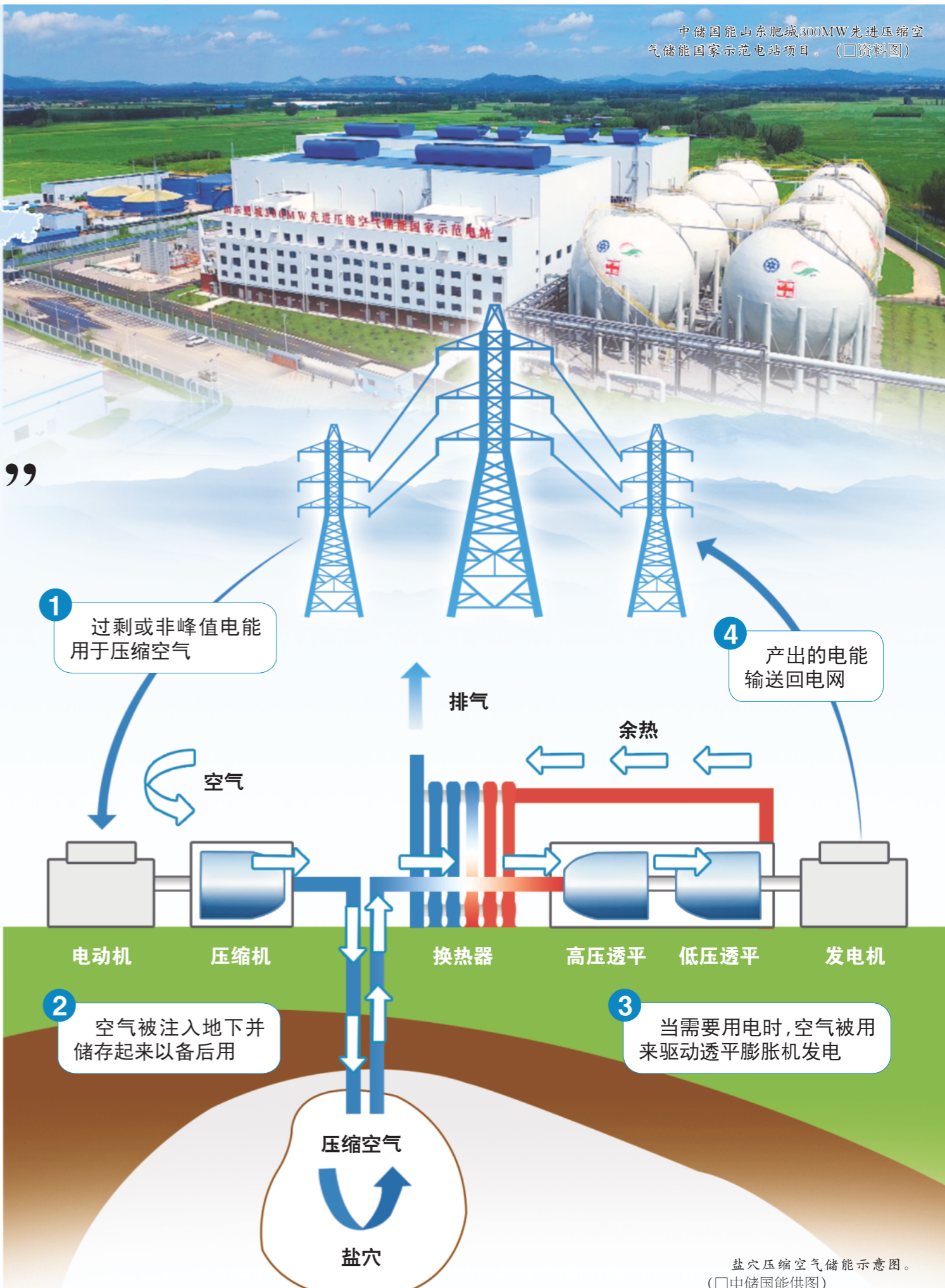
政府的这种“产业合伙人”角色,体现在多个维度:

政策设计层面,泰安编制了国内首个《盐穴储能综合利用规划》,着力构建以抽水蓄能、盐穴储能、电化学储能为支撑的新型多元储能体系。肥城积极链接资源,积极争取2亿元政策性金融工具资金、设立20亿元产业基金……一系列组合拳,短时间内将区位和资源优势,打造为不可替代的产业生态优势;

商业模式创新层面,山东率先出台《关于支持长时储能试点应用的若干措施》,符合试点条件的项目优先列入新型储能项目库,项目建成后,可享受优先接入电网、优先租赁的政策。连续发电4小时及以上的盐穴储能项目,其容量补偿标准可达锂电池储能的2倍。同时,大力支持储能项目参与电力现货市场,通过“低谷充电、高峰放电”赚取峰谷价差收益。

山东关于压缩空气储能发展的专项政策,为全国其他省份提供了参考。目前,甘肃、内蒙古等省(区)也相继推出电力现货交易、电网辅助服务等多元化支持政策。

“在政策红利驱动下,预计到2027年,压缩空气储能投资回报周期有望缩短至8—10年,产业吸引力显著增强。”上述行业分析师表示。



盐穴压缩空气储能示意图。(□中储国能供图)

押注钠电:绕过锂电“卡脖子”的新赛道

盐穴虽好,却有“天花板”。单一赛道的优势并非永恒。肥城将目光投向钠离子电池,这一被视为规避锂资源“卡脖子”风险的终极解法。通过引进链主、配置资本、招揽人才,肥城正在为十年后,抢占下一片能源“新大陆”。

产业繁荣之下,隐忧始终如影随形。根据中国电力企业联合会的数据,2024年新能源配储整体运行平均利用率仅为32%。“装机热、运营冷”现象,凸显了行业的结构性矛盾。

尽管山东率先出台政策支持长时储能,但像压缩空气储能这类长时储能项目的收益,高度依赖电力现货市场的峰谷价差和辅助服务市场的补偿额度。这两者都具有相当的政策不确定性和市场波动性。

更根本的挑战在于资源有限性。“盐穴是不可再生的地下资源,其总容量和地面配套设施的建设用地,共同构成了产业规模的物理上限。”当地一名业内人士指出。

为此,肥城的产业布局之手悄然伸向

更远的未来——钠离子电池。

在锂离子电池占据主导地位(2024年底占比96.4%)的当下,大力投入钠电研发无疑需要战略胆识。其背后的逻辑,直指锂资源的“卡脖子”风险与长期成本压力。在山东零壹肆先进材料有限公司的接待室里,摆满了各种电池样品,从铅酸电池到最新的钠电芯。

“锂的成本8万—10万元一吨,钠仅需2000元一吨。钠的地壳丰度是锂的420倍,全球资源可及性高。”该公司董事长宋杰博士说。

“锂的成本8万—10万元一吨,钠仅需2000元一吨。钠的地壳丰度是锂的420倍,全球资源可及性高。”该公司董事长宋杰博士说。

2025年7月,该公司与潍柴新能源达成战略合作,进军商用车启动电源市场。“普通的铅酸启动电池,在寒冷地区可能2—3年就需要更换,而钠电池在正常使用条件下,寿命可达3—5年。”山东零

壹肆先进材料有限公司产品总监刘晓蕾对比说,“虽然目前成本仍高于铅酸电池,但产业规模扩大后,成本会持续下降。”

齐鲁工业大学(山东省科学院)二级研究员周勇认为,山东的锂电发展处于赶超阶段,但在钠电赛道已呈现出领先优势,发展迅速,有望形成带动效应。

科技创新与人才集聚是竞争的关键。宋杰在电化学领域深耕多年,选择在肥城创业,看中的是这里独特的产业土壤。

“创业之初,我获得了当地20多万元的个人人才补助。在企业发展的关键阶段,一笔2300万元的科技成果转化贷款及时到位,又解了燃眉之急。”宋杰说。

目前,投资30亿元的10GWh普鲁士蓝基钠离子电池制造项目正在加快推进,一期1GWh产线即将投产,而且围绕这家链主企业,碳寻新材料等上下游公司相继落户,一个从基础材料到电芯制造再到电池回收修复利用的钠离子电池全产业链条加速成型。2023年,肥城新型电池电极材料产业集群入选国家级中小企业特色产业集群,2025年入选省级战略性新兴产业集群。

一场持久战:政策、资源与市场的动态平衡

肥城仍面临政策依赖性强、盐穴资源有上限、高端研发人才不足等挑战。储能产业需在政策、市场与技术间寻找动态平衡,而真正的赢家将是能持续融合技术、资本与生态的长期主义者。

从盐穴到钠电,肥城的产业逻辑一以贯之:在主流赛道外,精准识别具备资源独特性或技术差异化的细分领域,通过与本地基础优势深度融合,营造局部最优产业生态,从而实现差异化突围。

但这场突围之路,并非一帆风顺。肥城模式面临的挑战,也是中国新型储能产业面临的共同考题。其可持续性,建立在一个由“政策—资源—市场”构成的动态平衡的“脆弱三角”之上。

首先,是政策依赖。尽管市场化是明确方向,但当前储能项目,尤其是投资大、回报期长的长时储能,仍然依赖容量补偿、优先调度等非市场化的政策设计,受政策变化影响大。对此,各地正在推动项目深度参与电力现货市场,并探索“共享储能”“租赁服务”等多元商业模式。

其次,是“资源天花板”与“技术替代”的双重压力。肥城当前的核心竞争力与独特的盐穴资源深度绑定。全球范围内,适合的盐穴资源分布不均,地理限制明显。肥城深耕盐穴储能同时,持续投入对钠离子电池等新技术的研发与产业化,并关注其他潜在的长时储能技术,形成技术梯队。

最后,是从“应用高地”到“创新策源地”的跨越。核心研发机构、顶尖基础

研究人才仍多集中于传统科研高地。如何吸引并留住顶尖研发人才,如何培育本土原始创新能力,是众多志在产业升级的中国制造业城市所面临的共同考验。无论是与中国科学院共建联合实验室,柔性引进高端人才,还是提供人才公寓、子女教育等配套,都是为了留住创新者愿意留下的尝试。

清晨,地下盐穴中的压缩空气静静循环,地上钠离子车间的机器开始运转。在这个看似平静的县城,一场关于能源未来的实验正在上演。

当政策的“有形之手”逐渐让位于市场的“无形之手”,储能产业将迎来真正的成年礼。在这条赛道上,真正的赢家是那些能够将技术、市场、资本和政策形成良性互动的地区和企业。

公众智库 本期支持专家

周志 中国科学院工程热物理研究所正高级工程师,储能研发中心总体部部长

周勇 齐鲁工业大学(山东省科学院)二级研究员,山东省生态文明研究中心主任