

储能在山西构建高比例可再生能源电力系统中的应用前景及支持政策分析

文/山西省社会科学院（省政府发展研究中心） 李 琪 李灏佳

围绕储能领域，挖掘储能对提高以可再生能源为主体的新型电力系统建设运行效率、调解能力和安全保障的支撑作用。就山西储能现状及困境进行探讨，并对储能利润来源和途径进行了经济学意义上的分析，探讨经济理论上储能为新型电力系统带来的经济效益和可行性。

为深入贯彻落实习近平生态文明思想，落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，实现“30·60双碳”目标，持续构建清洁高效的高比例可再生能源系统，推进可再生能源为主体的新型电力系统形成，促进新能源增长、消纳和储能协调发展是当前和未来较长一段时间能源变革的关键着力点，而风电、光伏等新能源的随机性和波动性对电力系统安全稳定、经济高效运行造成的风险也随着新能源并网比例增加而不断扩大。2021年4月21日，国家发展改革委、国家能源局联合发布了《国家发展改革委 国家能源局关于加快推动新型储能发展的指导意见（征求意见稿）》，其中明确提出国家新型储能发展目标。要求到2025年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变。到2030年，实现新型储能全面市场化发展。

当前新能源发展态势迅猛，亦是世界百年未有之大变局之一，可再生能源的先天禀赋特性导致其稳定高效的应用需要大量储能来辅助，储能（包括抽水蓄能与除抽水蓄能外的新型电储能技术）是支撑以新能源为主体的新型电力系统的重要装备基础

和关键核心技术，亦是解决当前新能源消纳问题的症结与突破点，对推动能源绿色转型、构建新型电力系统、应对极端事件、保障能源安全、促进能源高质量发展、促进能源革命持续深化及实现“碳达峰、碳中和”具有重要意义。

山西储能产业现状

2021年3月15日，中央财经委员会首次提出要“构建以新能源为主体的新型电力系统”，这意味着未来光伏、风电等可再生能源将获得更大的发展空间。作为煤电大省的山西将面临传统化石能源的转型、新能源发展的严峻挑战，同时也为储能的发展带来前所未有的机遇。4月16日，山西省发布《山西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，规划明确了山西发展的首个战略定位就是国家资源型经济转型综改试验区，要求“十四五”期间绿色能源供应体系基本形成，能源优势特别是电价优势进一步转化为比较优势、竞争优势，提出“十四五”转型出雏形的战略任务之一就是实施优势转换战略，促进新能源增长、消

纳和储能协调有序发展，探索煤电项目与风电、光伏和储能项目一体化布局，实施多能互补和深度调峰，提升电力供给效率，明确提出提升新能源消纳和储存能力，加快推进“新能源+储能”试点，推动储能可在再生能源消纳、分布式发电和能源互联网等领域的示范应用。

近年来，山西新能源发展步入正轨并呈现强劲增长态势，能源结构调整步伐加快，新能源发展成效显著，风电、光伏已成为山西省第二、第三大电源。截至2020年底，风电、光伏和水电可再生能源发电装机规模已突破3 500万kW，占到山西省发电总装机容量的33.8%，风电、光伏发电量近420.4亿kW·h，占到全省全社会发电量的近12.5%。

“十四五”期间，是山西省转型出雏形的关键期，而储能产业发展是全省能源转型、构建新型电力系统的关键突破点，可再生能源并网是山西解决气候变化、环境污染问题及碳减排的主要路径，将在实现“30·60”双碳目标中起到重要作用，而想要最大程度减少高比例可再生能源并网后带来的随机性和波动性，保证新型电力系统的安全、稳定和可靠，必须依靠合理配置储能这类灵活性电源。

1. 电力平衡和支持能力不足

储能与可再生能源的不平衡发展，将会对高比例可再生能源电力系统中电网的稳定性及安全性造成极大隐患，只有储能能及时化解，但是，山西电化学储能发展存在起步较晚、能源结构限制及政策支持力度不足等问题，相比其他省份发展相对滞后，现阶段直接影响了可再生能源并网的发展速度。

可再生能源天然的不稳定性，在并网后会出现较低的最小出力，缺乏电力平衡的支撑能力，如果遇到寒潮及高温等极端天气，高比例可再生能源电力系统供电的保障将产生较高风险，极端天气下电力需求也会大幅增加，与电网连续运行、实时平衡的要求不匹配。与此同时，山西抽水蓄能、电化学储能等灵活调节电源占比极低，空间分布不均，电力供应保障难度必然随着可再生能源接入而不断加大。

2. 电化学储能发展滞后、关键技术研发能力较低

截至目前，山西省并没有出台相关政策来支持大规模的电化学储能项目建设，本省内部电力需求

缺乏，外送电力储能需求不足，导致电力辅助服务市场对储能功能的需求不迫切。同时，因为电化学储能的前期投入成本和使用维护成本较高，山西省能源投资缓步，没有足够政府资金和社会资金投入电化学储能项目建设，使得山西省电化学储能进一步滞后于全国储能市场的发展。

山西储能技术研发水平较低，电化学储能、物理机械储能及电磁储能的关键技术和核心技术无法突破，发展可能性较高的废弃矿井抽水储能尚未开始进入研发阶段。近几年大同市已经开始构建氢能产业链，但与其他地区省份相比，制氢技术和储氢技术发展相对滞后，全省在全国的储能产业竞争力极低。如何因地制宜地建立山西省的储能模式，将能源优势升级为储能优势，成为全国领先的可再生能源储能基地，是山西省储能发展要面对的问题。

3. 政策与标准缺失

高比例可再生能源电力系统作为近年来新生的新型电力发电模式，处于探索发展道路阶段，山西能源部门目前关于储能的专项规划研究处于空缺状态，各地项目布局仅仅处于规划阶段，储能的独立市场地位并未明确，准入条件、交易机制和技术标准缺失，储能价格机制和电价政策缺乏，财政对储能行业及储能上下游产业链的资金支持力度较弱，储能行业行规未能合理形成，政策与标准明显缺失。

高比例可再生能源电力系统中储能需求分析

1. 缓解调峰压力、促进可再生能源消纳和平滑输出

新型电力系统负荷的多样性、随机性和间歇性，导致实时功率平衡难度加大，且与用电负荷不匹配程度加剧，而储能犹如行业“多面手”。储能系统具有选址灵活、建设周期与风光相匹配及调节速度快等优点，在风光高比例可再生能源消纳中，储能既可改善风光处理特性，又可削峰填谷应对诸多问题，也是最具有收益的一方。虽然储能有利于促进能源转型，保障可再生能源的消纳和平滑稳定输出，但是在传统的电力体制下储能的定位并不明确，储能为电力系统带来的收益体现在多个环节，但在目前的电力体制下，储能系统无法获得其发挥的多种功能的补偿。“碳达峰、碳中和”目标的提出必将推动光伏、风电等可再生能源装机规模的增

加,使得电力系统对灵活性的要求更高,也给储能的发展带来了新的机遇。

2. 深化能源革命,打破路径依赖

提升储能在山西高比例可再生能源电力系统中的支撑作用。一方面利于促进新型电力系统行业、新型储能行业快速高效发展,有利于全省适应煤电从主体性电源逐步向基础性电源转变的能源大趋势,使山西能源优势特别是电价优势进一步转化为比较优势、竞争优势;另一方面,把培养储能新技术、挖掘储能对新型电力系统的支撑作用作为能源领域换道领跑、弯道超车关键之举,将新型储能在电力系统中的应用作为突破点,有利于打破原有资源路径依赖,抢先布局发展未来产业,抢占发展制高点。

储能效益的经济学理论探索

经济性是影响储能发展的重要因素,储能新基建的投入产出是否可以带来经济效益,其又是通过何种途径促进电力系统效益提升的?研究高比例可再生能源电力系统中储能发展的经济性具有重要意义。

1. 储能效益来源的理论支撑

目前可再生能源市场发展日渐成熟,可再生能源经济是以追求生态环境保护和可持续发展为目标而孕育诞生,其并不完全追求经济效益。但储能市场是依托于能源市场而产生,特别是随着风电、光伏等具有不稳定性的可再生能源大量并网后,储能市场的重要性与日俱增。储能市场的目标与新可再生能源市场并不完全统一,它的作用是对可再生能源市场进行优化。储能的优化作用包括但不限于削

峰填谷、抵御突发事件和故障、提升并网容量、促进新能源消纳、提高电力系统灵活性及提升电网运行效率等。在优化过程中必然会提高效率,从而带来经济效益。

因土地资源紧缺问题和项目前期投资大回报周期长,可再生能源基础建设是不可能无限扩张的,所以储能建设可以代替其部分作用。随着可再生能源大量生产和并网,边际效用递减规律发挥作用,储能新基建代替可再生能源扩张,是在考虑可再生能源投入沉没成本之后电力系统的帕累托改进。因此也可以认为,储能市场可以弥补可再生能源市场高社会效益、低经济效益的缺陷,储能是为了追求经济效益而产生的。

2. 储能在可再生能源电力系统中的经济效益作用机制

现有研究多数没有直接考虑储能的收益,储能的收益通过提升可再生能源的收益并降低上级电网购电成本和停电惩罚成本间接体现,部分考虑了储能电池运行成本,但是也没有直接考虑储能的收益,而是通过储能参与后系统总成本降低来体现储能的经济效益,储能的值是通过总运行成本的降低以及光伏消纳率的提高来体现的。

虽然储能市场是依托于可再生能源电力市场产生的,但是储能与可再生能源投入产出是可以分开核算的,储能是有利可图的,储能市场和可再生能源市场利润来源并不完全统一。储能市场依托于可再生能源市场必然会产生有别于可再生能源市场的经济效益,所以对储能行业的政策指导、标准制定及财政补贴不能与可再生能源市场一概而论,要根据储能可能带来的经济效益提供相应的政策支持和





指导。

储能的应用服务类型众多，不同服务类型使得储能具有不同盈利模式。储能与风电、光伏等新能源搭配，可减少弃电量带来的收益以及平滑可再生能源出力带来的效益；而储能与火电、水电等常规能源搭配，可使得调频等辅助服务更加优质高效；电网侧储能具有对电网调峰的显性收益以及缓解线路阻塞、延缓输配电扩容等隐性收益；用户侧储能具有峰谷价差套利以及减少容量电费成本等商业模式。

促进山西储能科学发展的支持政策

受制于储能系统开发成本、传统能源与新能源的供给特点及发展趋势等因素，山西构建新型储能产业需要遵循合理的发展路径。应把新型储能发展作为全省提升能源电力系统调节能力、综合效率和安全保障能力，支撑新型电力系统建设的重要举措，围绕促进新型电力系统建设和新型储能发展的任务，制定配套政策措施，推动储能高质量发展。

1. 开展储能专项规划，推进储能项目申报建设

能源主管部门应开展储能专项规划研究，提出各地区规模及项目布局，以项目为载体，结合系统实际需求，争先布局“新能源+储能”产业项目，推动储能合理化布局。通过储能协同运行保障新能

源高效消纳利用，为电力系统提供容量支撑及一定调峰能力，努力申报力争列入全国重点储能项目规划，通过加快项目建设，推动储能业高质量发展。

2. 提升科技创新能力，抢占标准话语权

完善储能技术学科专业建设，深化多学科人才交叉培养，打造一批储能技术产教融合创新平台；开展前瞻性、系统性和战略性储能关键技术研发，加快实现核心技术自主化，加快推动储能创新研发与成果转化，掌握储能核心技术装备；明确全省储能备案并网流程，完善储能标准体系建设的顶层设计，开展不同应用场景储能标准制修订，建立健全储能全产业链技术标准体系，抢占技术标准、并网标准、管理体系和认证体系制定话语权。

3. 制定配套政策措施，完善保障激励机制

鼓励储能作为独立市场主体参与辅助服务市场，寻求储能成本分摊的疏导机制，建立独立储能电站容量电价机制，逐步推动储能电站参与电力市场；促进储能的商业化进程，加快建立更加适合储能的商业模式，形成有投资吸引力的市场化、商业化运行模式；对于配套建设新型储能的新能源发电项目，可在竞争性配置、项目核准、并网时序和电力辅助服务补偿考核等方面给予适当倾斜；逐步建立与新型储能发展阶段相适应的闭环监管机制，提升储能安全运行水平。EA