

敏捷能源系统白皮书

1.0

面向高比例新能源、电气化与智能化时代的能源系统新范式

版本： 1.0（分论坛发布版）

发布场景： 研究所 5 月 17 日分论坛

发布日期： 2026 年 5 月 17 日

牵头单位： 研究所能源系统创新团队

适用范围： 政策研讨、产业交流、试点项目牵引

发布说明：本白皮书 1.0 为可发布基础稿，事实依据更新至 2026 年 4 月 24 日；主办单位、委员名单、案例数据可在正式排版前补充。

版权与使用说明

本白皮书由研究所能源系统创新团队组织起草，用于 2026 年 5 月 17 日分论坛发布与后续产业交流。1.0 版重点提出“敏捷能源系统”的概念、架构、关键能力、技术路线、应用场景和行动倡议，作为产学研政协同讨论的共同语言。

白皮书所引用公开数据和政策文件均列入参考文献。面向正式发布，建议补充主编、编委、联合发布单位、案例单位、免责声明和版权页。

目录

执行摘要

- 一、时代背景：能源系统正在进入“敏捷性”竞争阶段
 - 二、概念定义：什么是敏捷能源系统
 - 三、总体架构：物理、数字、市场与治理的协同系统
 - 四、关键能力：从“有装机”走向“可调、可测、可交易”
 - 五、技术路线：AI、储能、虚拟电厂和柔性负荷的协同
 - 六、典型应用场景
 - 七、治理与市场机制
 - 八、实施路径与路线图
 - 九、指标体系和成熟度模型
 - 十、面向 5 月 15 日分论坛的发布倡议
- 附录 A：敏捷能源系统指标建议
- 附录 B：术语表
- 参考文献

执行摘要

白皮书提出：能源转型已经从“清洁能源增量建设”迈向“高比例新能源条件下的系统敏捷运行”。所谓**敏捷能源系统**，是以电力为核心载体、以多能互补为扩展边界、以数字智能为操作系统、以市场机制为资源配置方式、以安全韧性为底线的能源系统新范式。它强调在秒级到季节级多时间尺度上，实现能源资产的快速感知、灵活调节、协同交易、可验证降碳与持续迭代。

1.0 版将“敏捷”定义为四种能力的组合：可观测、可调节、可交易、可迭代。可观测解决“系统看不见”的问题；可调节解决“资源调不动”的问题；可交易解决“价值不显性”的问题；可迭代解决“建设即固化”的问题。四者共同支撑能源安全、成本优化、绿色低碳和产业竞争力。

核心判断

当新能源装机快速增长、电动汽车和数据中心等新型用能持续扩张时，系统竞争力不再只取决于“装机规模”，而取决于灵活性、数字化、市场化与韧性协同形成的敏捷能力。

中国能源系统已经具备推进敏捷化的现实基础：2025 年全社会用电量达 103682 亿千瓦时、同比增长 5.0%，充换电服务业用电和信息传输、软件和信息技术服务业用电分别增长 48.8%和 17.0%^[R1]；截至 2025 年底，全国可再生能源装机总量达 23.4 亿千瓦，约占全国电力总装机的 60%，风电、太阳能发电合计 18.4 亿千瓦，占比接近一半并历史性超过火电^[R2]；全国新型储能已建成投运 1.36 亿千瓦/3.51 亿千瓦时，较 2024 年底增长 84%^[R3]。这些变化共同意味着，系统的主要矛盾正在从“有没有绿色电源”转向“如何在更短时间、更大范围、更复杂主体之间完成安全、低碳、经济的动态平衡”。

本白皮书建议，以“敏捷能源系统试验区”为抓手，围绕零碳园区、城市配网、虚拟电厂、AI 算力用能、交通充换电、县域新能源和大型基地外送等场景，形成一批可复制的技术规范、商业模式和治理机制。

本白皮书 1.0 形成的七项结论

- 敏捷能源系统不是单一技术，而是源网荷储碳协同的系统方法。
- 灵活性将成为新能源高质量发展的核心资产，储能、虚拟电厂、需求响应、柔性负荷和可调节电源均应纳入统一评价。
- 电网将从单向输配平台升级为多主体接入、多时间尺度平衡、多市场协同的公共基础设施平台。

4. AI 的价值不在替代调度规则，而在提升预测、优化、诊断、仿真、运维和交易辅助决策能力，必须以安全可控为前提。
5. 绿电直连、绿色电力证书、碳足迹和小时级电碳追踪将推动能源系统与产业竞争力深度绑定。
6. 敏捷化建设宜采用“小步快跑、分场景验证、持续迭代”的工程方法，而非一次性“大而全”建设。
7. 研究所可在 5 月 15 日分论坛发布“敏捷能源系统共同倡议”，牵引标准、试点和产业联盟。

一、时代背景：能源系统正在进入“敏捷性”竞争阶段

1.1 新能源规模化推动系统运行逻辑重构

全球能源系统进入电气化和低碳化并进阶段。国际能源署在《Global Energy Review 2026》中指出，2025 年全球电力需求增速远高于总能源需求增速，全球“电力时代”特征进一步显现；2025 年太阳能发电增量达到约 600 太瓦时，是现代可再生能源首次成为全球能源需求增量的最大贡献来源之一 [R10]。

中国的转型速度更快。2025 年，全国可再生能源发电新增装机 4.52 亿千瓦，占全国电力新增装机的 83%；2025 年全国可再生能源发电量 3.99 万亿千瓦时，同比增长 15%，约占全部发电量的 38% [R2]。在这样的结构下，传统“基荷—腰荷—峰荷”的静态配置方式，需要向“预测—调节—交易—校正”的动态闭环转变。

1.2 新型用能负荷带来“快变量”

电动汽车、数据中心、工业电气化、热泵和分布式能源改变了负荷结构。一方面，终端电气化使电力成为经济活动的关键约束；另一方面，负荷侧从单纯被服务对象转变为可调节、可聚合、可交易的能源资源。2025 年中国充换电服务业用电增长 48.8%，信息传输、软件和信息技术服务业用电增长 17.0% [R1]，体现出新型负荷对电力系统规划、调度和市场机制的牵引。

1.3 政策环境正在从“建设导向”转向“系统能力导向”

2025 年以来，与敏捷能源系统密切相关的政策密集出台：推进“人工智能+”能源高质量发展、促进电网高质量发展、推动新型储能规模化建设、完善电力现货连续运行地区市场建设、推动虚拟电厂发展、推进充电设施服务能力倍增和绿电直连。政策的共同指向是：能源系统要具备更强的开放接入、灵活调节、智能协同、市场响应和安全韧性能力 [R4][R5][R6][R7][R8][R9]。

1.0 版问题意识

高比例新能源不是单纯的电源替代问题，而是系统组织方式问题。敏捷能源系统要解决“波动性如何被吸收、分散资源如何被组织、灵活性如何被定价、绿色价值如何被验证、风险如何被控制”的一组系统问题。

二、概念定义：什么是敏捷能源系统

2.1 定义

敏捷能源系统（Agile Energy Systems，简称 AgES）是指以安全可靠为底线，以高比例新能源消纳和终端电气化为主要场景，以数字化感知、智能化决策、柔性化调节、市场化交易和可验证降碳为核心能力，能够在多时间尺度、多能源品类、多主体之间快速协同、动态优化和持续迭代的能源系统。

2.2 与相关概念的关系

概念	通常关注点	与敏捷能源系统的关系
新型电力系统	强调以新能源为主体、安全高效运行的电力系统。	敏捷能源系统是新型电力系统的能力表达和工程组织方法，突出“快速响应、持续迭代”。
源网荷储一体化	强调电源、电网、负荷和储能的协同规划建设与运行。	敏捷能源系统将其扩展到数据、市场、碳和治理层，形成闭环。
虚拟电厂	聚合分布式电源、可调节负荷和储能，参与系统优化和市场交易。	虚拟电厂是敏捷能源系统在需求侧和分布式资源侧的关键组织方式。
综合能源系统	强调电、热、冷、气、氢等多能互补。	敏捷能源系统承认多能互补，但以“可观测、可调节、可交易、可迭代”为评价核心。
零碳园区/零碳工厂	强调用能侧低碳或近零排放。	敏捷能源系统为零碳场景提供绿电保障、碳数据追踪和灵活性管理。

2.3 四个关键词

- **可观测**：通过智能计量、传感、边缘计算、通信和数据治理，使系统状态、资源能力、风险和碳强度可被实时或准实时识别。
- **可调节**：通过储能、可调节电源、柔性负荷、充换电、热泵、工业过程和虚拟电厂，实现跨秒级、分钟级、小时级、日内和季节级调节。
- **可交易**：通过中长期、现货、辅助服务、容量、需求响应、绿电绿证和碳市场，将灵活性、可靠性和低碳价值显性化。
- **可迭代**：以模块化架构、试点沙盒、数字孪生和标准接口实现小步快跑，在实际运行数据中持续校正模型和商业模式。

2.4 边界

本白皮书 1.0 以电力系统为核心，同时纳入交通、建筑、工业、算力、热力和氢能等与电力耦合度高的能源应用。白皮书不将“敏捷”理解为“频繁变更目标”，而是理解为在安全边界内快速感知变化、快速组织资源、快速完成价值结算并快速学习改进。

三、总体架构：物理、数字、市场与治理的协同系统

敏捷能源系统建议采用“五层一体”的总体架构：资产层、网络层、数字层、市场层和治理层。五层之间通过统一的资源模型、计量模型、调度模型、交易模型和碳模型贯通。

层级	主要对象	敏捷化作用
治理层	安全、韧性、标准、合规、数据治理、网络安全、隐私保护、责任边界	安全可信、责任清晰、可审计
市场层	中长期、现货、辅助服务、容量/可靠性补偿、需求响应、绿电绿证、碳足迹	让灵活性、可靠性和低碳价值可计量、可交易
数字层	感知计量、通信、边缘计算、云平台、数字孪生、AI模型、优化算法	形成“感知-预测-决策-执行-校正”的闭环
网络层	主网、配网、微网、直流/交流混联、电力电子、构网型技术、通信网络	支撑多主体接入和多时间尺度平衡
资产层	风光水火核、储能、可调负荷、充换电设施、热泵、工业设备、数据中心、氢能装置	提供能量、容量、调节和绿色价值

3.1 资产层：从“静态设备”到“可编排资源”

敏捷能源系统把每一类能源资产抽象为具有容量、功率、响应速度、持续时间、可靠性、碳属性、成本和约束条件的“资源对象”。资源对象可以被单独调用，也可以通过聚合商、虚拟电厂或园区能源管理平台形成资源组合。

3.2 网络层：从“输配电通道”到“新型电网平台”

电网是敏捷能源系统的公共基础设施。国家发展改革委、国家能源局关于促进电网高质量发展的文件提出，电网要构建安全可靠、柔性可控、灵活高效、智慧融合的新型电网平台，并服务分布式能源、源网荷储一体化、绿电直连、虚拟电厂等新业态健康发展[R4]。

3.3 数字层：从“监测系统”到“能源操作系统”

数字层承担状态感知、数据融合、预测、仿真、优化、自动控制、交易辅助和风险预警。它不是简单的信息化平台，而是能源系统的“操作系统”：既要支持调度安全，又要支持市场主体经营，还要支持碳数据追踪与审计。

3.4 市场层：从“电量交易”到“多价值交易”

随着现货市场、辅助服务市场、需求响应和虚拟电厂机制推进，电力市场需要逐步将电能量、灵活性、可靠性、绿色属性和碳价值区分计量、分层结算。2025年《电力现货连续运行地区市场建设指引》强调优化现货交易机制、完善中长期交易、健全辅助服务市场、探索可靠容量补偿机制并提升零售市场透明度[R9]。

3.5 治理层：从“项目审批”到“动态监管”

敏捷能源系统涉及大量分布式设备、第三方平台、跨行业数据和复杂市场行为。治理层需要建立责任边界、数据标准、网络安全、防误控机制、应急演练、并网测试和 market 行为监管，避免“技术可行但治理失灵”。

四、关键能力：从“有装机”走向“可调、可测、可交易”

4.1 多时间尺度平衡能力

敏捷能源系统应同时覆盖秒级稳定、分钟级调频、小时级峰谷、日内交易、周月检修、季节性保供和年度规划。不同时间尺度对应不同资源：构网型储能和电力电子承担快速支撑，电化学储能和柔性负荷承担日内调节，抽水蓄能、长时储能、可调电源和跨区输电承担更长时间尺度平衡。

4.2 资源聚合与编排能力

分布式光伏、储能、充电桩、楼宇空调、工业负荷、数据中心和备用电源等资源规模庞大但单体分散。敏捷能源系统需要以资源聚合、分层控制和统一接口将其纳入系统运行。虚拟电厂政策已明确虚拟电厂可以聚合分布式电源、可调节负荷、储能等资源，协同参与系统优化和市场交易[R11]。

4.3 可验证低碳能力

敏捷能源系统必须将“绿色用能”从年度证书核算逐步推进到更细颗粒度的电碳追踪。对于出口导向产业、新型基础设施和园区招商，绿色电力的物理关联、时间匹配、碳足迹数据和审计可信度将成为竞争要素。

4.4 韧性与自愈能力

极端天气、网络攻击、设备故障和市场波动均可能冲击系统安全。敏捷能源系统应具备故障隔离、孤岛运行、黑启动、快速恢复、冗余通信、异常检测和应急调度能力。韧性不是额外成本，而是高比例新能源和复杂主体环境下的基础能力。

4.5 价值结算能力

敏捷能源系统要避免“有资源、无收益”的困境。灵活性资源能否持续投资，取决于电能量、容量、辅助服务、需求响应、绿电绿证和碳减排收益的组合设计。市场机制越能准确反映系统稀缺性，资源越能被有效组织。

五、技术路线：AI、储能、虚拟电厂和柔性负荷的协同

5.1 AI+能源：从单点模型走向安全可信的智能体协同

国家发展改革委、国家能源局 2025 年发布的“人工智能+能源”实施意见提出，到 2027 年能源与人工智能融合创新体系初步构建，推动 5 个以上专业大模型在电网、发电、煤炭、油气等行业深度应用，挖掘 10 个以上重点示范项目，探索 100 个典型应用场景，并制定完善 100 项技术标准[R5]。

对敏捷能源系统而言，AI 应服务六类任务：新能源和负荷预测、设备故障诊断、运行优化、市场交易辅助、碳数据分析和应急推演。AI 应用要建立安全约束、人工复核、模型漂移监测、可解释性和网络安全机制，避免“黑箱决策”直接进入关键控制链路。

5.2 新型储能：从“配建装机”走向“高利用调节资产”

2025 年底中国新型储能已建成投运 1.36 亿千瓦/3.51 亿千瓦时，平均储能时长 2.58 小时[R3]。下一步，储能的重点不应停留在装机规模，而应转向调用次数、等效利用小时、收益机制、系统贡献和安

全管理。新型储能规模化建设专项行动要求推动新型储能高质量发展[R6]，这与敏捷能源系统的灵活性资产逻辑高度一致。

5.3 虚拟电厂：从需求响应工具走向系统级调节主体

虚拟电厂是敏捷能源系统的关键载体。2025 年虚拟电厂指导意见提出，到 2027 年、2030 年全国虚拟电厂调节能力分别达到 2000 万千瓦以上、5000 万千瓦以上，并明确虚拟电厂可参与中长期、现货和辅助服务市场[R11]。1.0 版建议将虚拟电厂从“活动型需求响应”升级为“常态化调节主体”，通过标准接口、资源测评、信用管理和收益分配机制提升可用性。

5.4 充换电与车网互动：从负荷压力走向移动储能网络

充电基础设施既是交通电气化基础，也是电力系统柔性资源。国家发展改革委等部门 2025 年印发充电设施服务能力“三年倍增”行动方案，目标到 2027 年底建成 2800 万个充电设施、提供超 3 亿千瓦公共充电容量、满足超过 8000 万辆电动汽车充电需求[R7]。敏捷能源系统应将有序充电、双向充放电、价格激励和配网承载力评估纳入城市能源规划。

5.5 绿电直连和园区能源：从采购绿电走向用能竞争力

绿电直连为新能源就近就地消纳和企业绿色用能提供制度创新路径。2025 年国家发展改革委、国家能源局要求有序推动绿电直连发展，并强调结合电力供需形势、消纳条件细化就近消纳距离、上网电量比例和退出机制[R8]。对于园区和制造企业，敏捷能源系统应将绿电直连、储能、负荷管理、碳数据和市场交易集成为一体化服务。

5.6 构网型技术和主动支撑：从“跟网运行”走向“主动稳定”

在高比例电力电子装备系统中，构网型控制、动态无功支撑、惯量模拟、快速频率响应和电压稳定控制是提高系统安全稳定的重要技术方向。敏捷能源系统不追求“完全自治”，而是在调度规则和物理安全边界内提高新能源、储能和负荷侧资源的主动支撑能力。

六、典型应用场景

场景	核心痛点	敏捷能源系统方案
零碳园区/工业园区	绿电占比提升、峰谷套利、碳足迹管	源网荷储一体化、绿电直连、储能优化、工

场景	核心痛点	敏捷能源系统方案
	理、用能成本控制	业负荷柔性、园区能碳平台
城市配电网	分布式光伏、电动汽车、热泵和楼宇负荷快速增长	配网数字孪生、台区柔性调节、有序充电、需求响应、微网自治
虚拟电厂	分散资源难以调度、收益单一、可用性不足	资源建模、聚合控制、市场竞价、调节能力评估、收益分配
AI 算力与数据中心	高可靠供电、低碳用能、负荷快速增长	算力电力协同调度、绿电采购、备用电源协同、冷热电优化
大型新能源基地	送出消纳、波动平抑、系统支撑	基地储能、构网型设备、跨区交易、气象预测、外送通道协同
县域能源系统	分布式资源多、运维能力弱、乡村韧性需求	县域能源管家、微电网、农光互补、充电服务、应急能源保障
港口/交通枢纽	岸电、重卡充换电、物流峰值负荷	综合能源站、V2G、有序充电、负荷预测、绿电结算

6.1 场景一：零碳园区

园区是敏捷能源系统的最佳“最小可行系统”。园区边界清晰，资源多样，既有分布式新能源、储能、充电设施和可调负荷，又有成本、碳足迹和可靠性需求。建议以“1 个平台+N 类资源+多市场接入”的方式建设园区敏捷能源操作系统。

6.2 场景二：城市配网

城市配网正面临双向潮流、台区过载、电动汽车快充、楼宇空调峰值和分布式光伏反送等挑战。敏捷化改造不应只依赖扩容，而应通过感知、柔性互联、有序充电、需求响应和局部市场机制，提高存量资产利用率。

6.3 场景三：算力电力协同

数据中心和 AI 算力负荷具有高可靠、高功率密度和可调度潜力并存的特点。敏捷能源系统可通过任务迁移、冷却优化、备用电源协同、储能配置和绿电匹配，降低用能成本和碳强度。

6.4 场景四：县域能源与乡村韧性

县域可作为分布式能源、充电网络、农业用能和应急保障的综合试验场。通过县域级能源数据底座、微电网、储能、光伏和需求响应联动，可形成面向乡村振兴和能源安全的敏捷能源样板。

七、治理与市场机制

7.1 规划机制：从容量规划到能力规划

传统规划以电源容量、电网通道和负荷预测为主。敏捷能源系统要求在规划中显式纳入灵活性、调节速度、持续时间、分布位置、碳属性、网络约束和市场响应能力。建议开展“灵活性资源普查”和“系统敏捷性评估”，作为园区、城市和区域能源规划的必选项。

7.2 市场机制：让稀缺性形成价格信号

现货价格、辅助服务价格、容量补偿、需求响应补偿和绿电溢价共同构成敏捷能源系统的价值基础。若价格信号不能反映时空稀缺性，灵活性资源就难以形成可持续投资。建议在连续运行现货地区探索面向分布式资源和虚拟电厂的标准化产品。

7.3 数据治理：建立可信数据链

敏捷能源系统的数据包括设备状态、计量数据、负荷曲线、市场报价、碳因子、控制指令和安全事件。数据治理应明确采集频率、数据质量、权限分级、隐私保护、加密传输、留痕审计和第三方验证。

7.4 安全治理：将分布式资源纳入安全边界

虚拟电厂、聚合商、园区平台和充电运营商都可能接入系统运行。治理机制必须明确涉网安全、网络安全、数据安全和应急责任。虚拟电厂指导意见已要求纳入涉网安全管理范围的虚拟电厂接受统一调度，并满足网络安全防护要求[R12]。

7.5 标准机制：从接口互通到能力认证

标准体系应覆盖资源接入、数据模型、计量结算、控制接口、调节能力测试、网络安全、碳数据追踪和运营评估。建议研究所牵头形成“敏捷能源系统术语、架构、指标和案例评价”系列团体标准。

八、实施路径与路线图

敏捷能源系统建设建议采用“最小可行系统—场景验证—标准固化—规模复制”的迭代路径。与传统一次性建设不同，敏捷化更强调在安全边界内快速试错和持续改进。

阶段	时间	重点任务	主要成果
阶段 0：共识发布	2026 年 5 月 15 日	发布白皮书 1.0；启动共同倡议；征集试点单位和案例。	白皮书、倡议书、试点征集函
阶段 1：最小可行系统	2026 年 Q2-Q4	选择 2-3 个园区/城市配网/虚拟电厂试点；建立数据底座、资源清单、基线指标和调度闭环。	试点方案、资源图谱、基线报告
阶段 2：市场与标准验证	2027 年	推动试点资源参与需求响应、辅助服务或现货交易；形成接口、指标、测试和安全规范。	标准草案、评估报告、商业模式样板
阶段 3：区域复制	2028-2030 年	面向城市群、产业集群和大型基地复制；构建跨区域资源协同和多市场联动。	规模化应用指南、示范区
阶段 4：自治韧性提升	2030 年以后	形成多主体协同、动态定价、韧性自愈和小时级电碳追踪能力。	敏捷能源系统 2.0/3.0

8.1 建设方法：能源领域的“敏捷工程”

1. 先定义场景痛点，而不是先堆叠技术清单。
2. 先建立资源台账和数据基线，再开展优化控制。
3. 先做小规模闭环，再做规模化接入。
4. 先解决安全边界和责任边界，再开放市场交易。
5. 先形成可度量指标，再谈示范成效。

8.2 研究所建议承担的角色

- **共同语言提供者**：牵头定义敏捷能源系统术语、架构和指标。
- **技术路线组织者**：组织 AI、储能、虚拟电厂、配网、碳数据和市场机制的跨学科研讨。
- **试点评估者**：制定试点评价方法，形成第三方评估报告。
- **标准牵引者**：推动团体标准、技术指南和案例库建设。
- **产业协同平台**：连接政府部门、电网企业、发电企业、设备企业、平台企业和用能企业。

九、指标体系和成熟度模型

9.1 敏捷能源系统指标体系

指标维度	建议指标	评价目的
安全可靠	供电可靠率、SAIDI/SAIFI、频率/电压越限次数、N-1 通过率、	保障底线安全

指标维度	建议指标	评价目的
	应急恢复时间	
灵活调节	可调资源容量占比、响应时间、持续时间、调节成功率、储能等效利用小时	衡量系统吸收波动能力
新能源消纳	新能源消纳率、弃风弃光率、绿电占比、绿电时段匹配度	衡量绿色能源利用质量
市场效率	现货价差利用率、辅助服务收益、需求响应收益、零售价格透明度	衡量价值发现能力
数字智能	数据可用率、模型预测误差、自动控制闭环比例、异常检测准确率	衡量系统感知和决策能力
低碳绩效	单位用能碳强度、小时级碳因子覆盖率、绿证/绿电核验率、产品碳足迹覆盖率	衡量绿色价值可信度
韧性安全	孤岛运行能力、黑启动能力、网络安全事件响应时间、关键设备冗余率	衡量极端事件承受能力

9.2 成熟度模型

等级	特征	下一步重点
L0 设备分散	资产独立运行，缺少统一数据和调度。	建立资源台账和计量边界。
L1 状态可见	关键资源可监测，初步形成数据底座。	提升数据质量和覆盖率。
L2 资源可控	部分资源可远程控制，具备基本需求响应能力。	建立安全控制和责任机制。
L3 协同优化	源网荷储可统一建模，具备优化调度能力。	形成多时间尺度调度闭环。
L4 市场协同	资源可参与需求响应、辅助服务或现货交易。	形成稳定收益和结算机制。
L5 自适应韧性	具备预测、优化、自愈、碳追踪和持续学习能力。	实现规模复制和动态治理。

建议5月15日分论坛同步发布“敏捷能源系统成熟度自评表”，邀请园区、城市、企业和平台单位按L0-L5开展自评，形成后续试点遴选依据。

十、面向5月15日分论坛的发布倡议

为推动白皮书从概念进入行动，建议在5月15日分论坛发布“敏捷能源系统共同倡议”，包括以下十项内容。

1. 共建敏捷能源系统术语和评价指标体系。
2. 共建敏捷能源系统试点案例库，首批征集零碳园区、城市配网、虚拟电厂、算力用能、县域能源和新能源基地案例。

3. 建立灵活性资源普查机制，摸清储能、可调负荷、充电设施和分布式能源的可调用能力。
4. 推进资源接入、数据交互、计量结算和安全防护标准化。
5. 推动虚拟电厂从需求响应走向常态化市场主体。
6. 推动储能从配建装机走向高利用、高安全和多收益。
7. 推动 AI 在预测、运维、仿真、优化和交易辅助中的安全可信应用。
8. 推动绿电直连、绿证、碳足迹和小时级电碳追踪协同发展。
9. 推动城市配网和园区能源的敏捷化改造，提升存量资产效率。
10. 建立研究所牵头、企业参与、专家评估、政策协同的开放创新机制。

附录 A：敏捷能源系统指标建议

以下指标可用于试点基线评估、年度追踪和第三方评价。不同场景可按需要裁剪，不建议在 1.0 阶段追求所有指标一次性完备。

类别	指标	数据来源
资源画像	资源类型、额定功率、可调范围、响应速度、持续时间、位置、碳属性、通信状态	资源台账/平台数据
调节能力	聚合可调容量、日内可调用次数、调节偏差、调节成功率、指令执行时延	调度/虚拟电厂平台
储能运行	充放电次数、等效利用小时、可用率、SOC 合规率、故障率、安全事件	储能 EMS/BMS
市场收益	电能量收益、辅助服务收益、需求响应收益、绿电绿证收益、容量收益	交易系统/财务数据
绿色低碳	绿电比例、时段匹配率、碳排放强度、碳数据审计通过率	能碳平台/第三方核验
经济性	综合用能成本、峰谷价差利用、投资回收期、单位灵活性成本	财务模型
韧性安全	应急供电时长、孤岛运行切换时间、恢复时间、网络安全告警处理时间	运维/安监系统

附录 B：术语表

术语	解释
敏捷能源系统	能够快速感知、灵活调节、协同交易、可验证降碳并持续迭代的能源系统。
灵活性资源	能够在一定时间尺度内改变发电、用电或储能状态，为系统平衡提供服务的资源。
虚拟电厂	聚合分布式电源、可调节负荷、储能等分散资源，参与系统优化和市场交易的电力运行组织模式。
构网型技术	通过控制策略使电力电子设备具备主动支撑电压、频率等系统稳定能力的技术。
绿电直连	新能源项目与用电主体在满足政策和电网要求下建立较强物理或协议关联的绿色电力供应模式。
电碳追踪	将电力生产、交易、输配和消费与碳排放因子、绿电属性和时间信息相连接的核算与追溯方法。
最小可行系统	在特定场景中先实现可观测、可控制和可评价的最小闭环，再逐步扩展功能和规模。

参考文献

- [R1] 国家能源局：《2025 年全社会用电量同比增长 5.0%》，2026 年 1 月 17 日。
- [R2] 国家能源局：《2025 年可再生能源并网运行情况》，2026 年 2 月 12 日。
- [R3] 国家能源局：《国家能源局举行新闻发布会介绍 2025 年新型储能发展情况》，2026 年 1 月 30 日。
- [R4] 国家发展改革委、国家能源局：《关于促进电网高质量发展的指导意见》（发改能源〔2025〕1710 号），2025 年 12 月 31 日。
- [R5] 国家发展改革委、国家能源局：《关于推进“人工智能+”能源高质量发展的实施意见》，2025 年 9 月 4 日。
- [R6] 国家发展改革委、国家能源局：《新型储能规模化建设专项行动方案（2025—2027 年）》，2025 年 8 月 27 日。
- [R7] 国家发展改革委等部门：《电动汽车充电设施服务能力“三年倍增”行动方案（2025—2027 年）》，2025 年 10 月。
- [R8] 国家发展改革委、国家能源局：《关于有序推动绿电直连发展有关事项的通知》（发改能源〔2025〕650 号），2025 年 5 月 21 日。
- [R9] 国家发展改革委、国家能源局：《电力现货连续运行地区市场建设指引》（发改能源〔2025〕1171 号），2025 年 9 月 2 日。
- [R10] International Energy Agency: Global Energy Review 2026, 20 April 2026.
- [R11] 国家能源局：《关于加快推进虚拟电厂发展的指导意见》政策解读，2025 年 4 月 11 日。
- [R12] 国家发展改革委、国家能源局：《关于加快推进虚拟电厂发展的指导意见》（发改能源〔2025〕357 号），2025 年 3 月 25 日。

1.0 版后续迭代建议

- 补充研究所正式名称、编委会名单、联合发布单位和案例企业。
- 在试点征集后形成“敏捷能源系统案例分册”。
- 将成熟度模型细化为可打分问卷。
- 形成“敏捷能源系统术语与架构团体标准”草案。
- 根据 5 月 15 日分论坛反馈修订为 1.1 版。