

完善需求侧资源多维协同治理,助力构建新型电力系统

赵晓东,王娟,刘坚,邓良辰

(中国宏观经济研究院 能源研究所,北京 100038)

摘要:在新型电力系统加快构建背景下,类型多样、分布广泛、规模海量的需求侧资源对于电力系统的重要性不断提升。探讨了广义需求侧资源范畴下,计量表计后资源、配电网内资源及弱连接自平衡资源等3类资源的典型特征;系统分析了需求侧资源发展过程中遇到的难题及其治理面临的挑战,主要表现在制度嵌入、市场识别和系统协同等方面;进而研究提出在全国统一电力市场体系下,从制度、市场、技术、信用4个维度,提出完善电力需求侧资源治理、释放需求侧资源潜能的对策建议。

关键词:新型电力系统;需求侧资源;电力市场

Enhancing multi-dimensional collaborative governance of demand-side resources to support the construction of new power systems

ZHAO Xiaodong, WANG Juan, LIU Jian, DENG Liangchen

(Energy Research Institute, China Academy of Macroeconomic Research, Beijing 100038, China)

Abstract: With the accelerated construction of new-type power system, the importance of diverse, widely distributed, and massive demand side resources for the power system continues to increase. The typical characteristics of three types of resources under the broad demand side resource category are explored: post metering resources, distribution network resources, and weakly connected self-balancing resources; the difficulties encountered in its development process and the challenges faced in governance are systematically analyzed, mainly manifested in institutional embedding, market identification, and system collaboration; Furthermore, the research proposed countermeasures and suggestions to improve the relevant governance mechanisms on the demand side of electricity and unleashed the potential of demand side resources from the four dimensions of system, market, technology, and credit under the unified national electricity market system.

Key words: new-type power system; demand-side resources; electricity market

0 引言

当前,我国正积极稳妥推进碳达峰碳中和,加快构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统。在电源结构调整、电力生产方式革新、平衡模式优化、终端电气化水平提高等变化的同时,电力系统的治理理念、制度安排、市场机制和管理服务等也需要全方位重塑。其中,电力需求侧资源挖潜和创新,是新型电力系统建设的重要内容^[1-3]。当前,随着电力领域技术、模式和业态创新活跃,各类电力需求侧的经营主体与电力系统的交互逻辑正在改变,电力用户从单纯的“负荷端”向“资源端”发展,既消耗电能又可生产电能的“产消者”不断涌现。电力需求侧的经营主体正从需求刚性、调节困难逐步向分布广泛、类型多元、规模海量的需求侧资源转变,并快速成为电力系统运行中的重要灵活性来源。

近年来,尽管需求侧资源的系统价值逐渐被认可且相关作用发挥持续迭代升级,但是过去电力领域治理更多侧重于生产供应,对如何开展需求侧资源治理仍未形成相对一致的意见。具体来说,对需求侧资源可实现海量分布式资源聚合参与电力系统互动这一功能,行业内已达成了一定共识。但是,国内外业务主管部门或电力市场运营机构,倾向于将其视为聚合各类资源主体经济关系的“新型经营主体”;技术研究视角则更多将其视为一种与电力系统实现交互的“技术系统”或“资源聚合关系”。正因对这类资源认知的差异性,尽管相关政策持续完善以发挥需求侧资源的作用,但是在发展目标、市场和价格机制、标准规范、监督管理等多个维度仍需持续完善。在新型电力系统建设过程中,如何完善电力领域治理,激活分布广、数量多、单体小的需求侧资源潜能,使其从“负荷管理对象”转变为“市场化资源要素”,已成为业界关注的焦点。因此,本文旨在全国统一电力市场体系建设的背景下,结合典型区域的实证数据与实践经验,深入剖

收稿日期:2025-10-10;修回日期:2025-10-27

基金项目:中国宏观经济研究院重点课题“建立健全与新型能源体系建设相适应的能源市场体系研究”

析广义需求侧资源的典型特征与治理难点,并从制度、市场、技术、信用4个维度提出完善资源治理、释放资源潜能的建议,为释放需求侧资源潜能支撑新型电力系统建设提供参考。

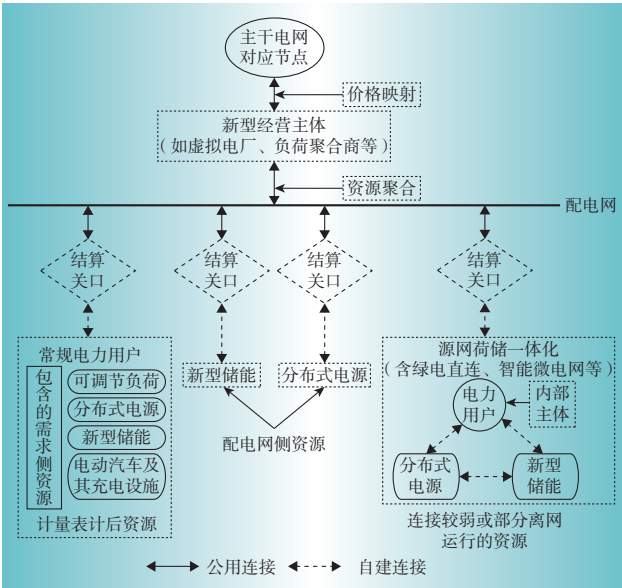
1 广义需求侧资源的概念内涵

从国内国际经验来看,引导各类型电力消费者参与电力系统平衡的理念,多起源于电力供应相对紧张的时期,实施初期多强调依靠价格信号和节能措施等实现负荷有序调节与能效全面提升,主要目标在于应急时段的削峰填谷与节约用电。此期间,虽然提出了能效电厂等聚合态的概念,但受到技术和市场的综合约束,对需求侧的调用更倾向于一种应急行为,而未形成常态化资源开发的逻辑^[4]。

伴随着新型电力系统的发展,电力系统的不确定性和波动性显著增强,亟需引入多元化的灵活性资源参与系统运行。与此同时,户用光伏、分布式储能、电动汽车及其充电设施等新兴需求侧资源快速增长,导致电力系统中源与荷的边界逐渐模糊。数智化浪潮下5G基站、数据中心等新型基础设施建设方兴未艾,成为电力消费的新增长点,这些都对新型电力系统的灵活调节和统筹治理能力提出了更高要求。特别是近年来,以源网荷储一体化、绿电直供为代表的新模式新业态蓬勃发展,这类资源虽然兼具源、网、储等特性的业务形态,但其邻近用户侧,系统的构建均围绕电力负荷的特征进行,呈现出显著的需求侧资源特点。

在此背景下,业界对“需求侧资源”的概念持续

迭代^[5-7]:电力负荷不只是应急状态下的单纯被动响应者,在资源品种多元化、经济激励市场化、调控手段数智化等多维驱动下,电力负荷加快向可识别、可交易、可调节的系统性要素发展,功能内涵也不断扩大。需求侧资源的范畴也从狭义的电力用户关口表后资源向广义的配网侧资源有序拓展,并带动相关实现手段的调整。广义需求侧资源示意如图1所示。在实践中,广义需求侧资源的形成不仅体现在范畴扩展上,还体现在功能定位不断拓展、落地场景不断丰富和治理方式适应性调整。



注:源网荷储一体化内部资源采取自行计量结算模式,对于离网型源网荷储一体化项目一般不装设结算关口装置。

图1 广义需求侧资源示意

Fig.1 Schematic of generalized demand-side resources

表1 狭义需求侧资源与广义需求侧资源对比

Table 1 Comparison of narrowly defined and generalized demand-side resources

对比维度	狭义需求侧资源	广义需求侧资源
资源类型	可调节负荷(可中断/可转移负荷)	共识:分布式电源(用户表后)、电动汽车及其充电设施、新型储能(用户表计后)、可调节负荷 可探讨拓展:分布式电源(低压配网侧)、新型储能(低压配网侧)、源网荷储一体化项目、绿电直供项目
资源调控方式	主要是负荷削减,空间维度颗粒度较粗	调控行为:发电(分布式电源、储能和V2G放电)、用电(储能充电、可调负荷多用或者少用)。部分资源(源网荷储一体化、绿电直供等)开展资源主体内部的自调控 调控空间:省级电网内跨地区聚合,部分实现馈线级调控
系统接入特点	接入或未接入相应的管理系统,响应周期多在小时级到周的维度	根据需要参与市场的要求,大多数接入了相应的管理系统,响应周期从秒级到周维度不等
参与市场交易的方式	根据电网发布需求,自主或通过负荷聚合商邀约参与	除更智能、精准、可靠地响应邀约需求以外,可以根据技术特征,主动参与现货、辅助服务等市场
参与系统互动的主体形式	单一用户(工业/商业)、某类可中断负荷(单独计量结算)、少量的负荷聚合商	新型经营主体,主要以资源聚合呈现,是广义需求侧资源在制度与组织层面的体现。负荷聚合商、虚拟电厂、车网互动、智能微电网、售电公司等是在具体场景下的聚合体形态
技术支撑	基础计量与通信(智能电能表)	数字化平台、智能计量,数据要素可溯源、可核查
价值体现	聚焦能效提升、削峰填谷、电力保供	电力系统维度、产业经济维度、公共管理维度、环境价值维度、数据要素维度的5维价值体系 ^[8]

从系统结构与治理逻辑考虑,广义需求侧资源可按照与公共电网(含主干电网、配电网、公用连接线路等公用设施)的连接深度和运行控制关系划分为3类:

第一类是计量表计后资源,主要包括“自发自用、余电上网”的分布式光伏、用户侧储能、电动汽车及其充电设施、可调节负荷等。这些资源大多位于用户内部,通过负荷聚合商或虚拟电厂等新型经营主体实施聚合并获得参与市场的资格,实现与公共电网之间的交互。

第二类是配电网侧资源,包括独立接入配网层的单纯上网的分布式电源、支撑配网平衡的储能等,具有直接影响配电潮流和系统运行的属性。这些资源虽不是传统意义上的用电负荷,但由于主要通过配电网接入且具有零散的特征,并且更贴近电力消费端,主要在低压配网层面发挥作用,难以按照常规电源的形态参与电力市场并接受电网调度。即便拥有独立结算计量,仍主要通过负荷聚合商或虚拟电厂等新型经营主体实施聚合并获得参与市场的资格,实现与公共电网之间的交互。因此,一般认为此类资源更具有负荷的特征,也应按照需求侧资源开展治理。

第三类是连接较弱或部分离网运行的资源,如源网荷储一体化项目、绿电直供系统及局部自治微网等,主要通过局部自平衡和绿色供能实现价值。相较于前面两类,这类资源与电网交互较弱、边界划定极为清晰,可为系统提供的灵活性较低。但是,随着可再生能源占比持续提高,这种以电力负荷为主体构成、通过局部能量自平衡与绿色能源替代的模式,是一种利用需求侧资源来缓解公共系统调节压力、提高公共电网投资效率、提升终端消费电气化和绿色化水平的有益实践。因此,即便对公共系统的直接贡献较小,但是应将其统筹进需求侧资源的范畴,一并进行考虑。

2 需求侧资源的类型特征和治理挑战

伴随广义需求侧资源的内涵拓展,电力需求侧不再是单纯的“负荷端”,而是从电力系统末端参与系统平

衡、调节与低碳转型的重要组成。然而,随着参与主体、接入层级和功能属性的复杂化,需求侧资源的治理逻辑也需重构。特别是上述3类需求侧资源特征明显,决定了相应的治理机制宜有不同的侧重点,也面临不同的挑战。

2.1 计量表计后资源

计量表计后资源的典型特征是“小而分散、灵活性强、参与意愿杂”。我国自20世纪90年代开始持续推进电力需求侧管理工作,加上近年来分布式光伏、用户侧储能和电动汽车充电设施等在用户端快速普及,目前这类资源已具备一定的可调节能力,并成为电力系统灵活性的重要潜在来源。近年来在技术和政策双重驱动下,此类需求侧资源以负荷聚合商、虚拟电厂等新型经营主体身份参与市场交易,通过现货市场价格引导峰谷电价机制调整,结合现货市场、辅助服务市场、市场化需求响应等手段,正在形成一个多层叠加的需求侧资源激励体系,激发需求侧资源潜能。

在全国统一电力市场体系加快构建的背景下,这一类需求侧资源的治理症结正呈现出更复杂的结构性特征:从制度设计角度看,多种手段之间存在制度耦合不足问题,市场化需求响应、零售分时电价、现货市场与辅助服务市场实质上共享同一个需求侧资源池,但跨机制的协调与调度仍欠缺统一性。具体来说,如图2所示,需求侧资源池在实际运行中并非单一维度的物理集合,而是一个由多重机制交织构成的复杂生态系统。其结构性特征主要体现在以下4个层面。

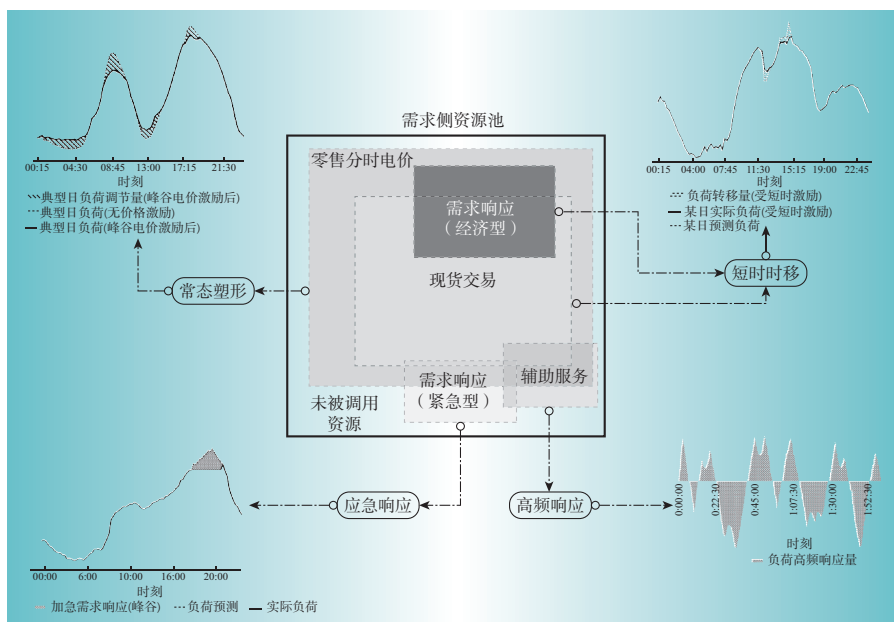


图2 典型需求侧资源参与多品种市场共享机制

Fig. 2 Sharing mechanism for typical demand-side resources participating in multi-product markets

(1) 基础约束层:零售分时电价是构成资源池调节能力的底层逻辑,发挥着最广泛的基础性调节作用,绝大多数电力用户(含未注册入市),都会基于价格信号形成覆盖广、精度低的被动响应,并形成用电基线。然而,近年来零售分时电价政策受到现货市场影响,出现以年度、季度为周期的调整,导致用户负荷行为的预期外锁定效应,即,当用户已根据新的峰谷价差完成了自发的负荷转移,其剩余的可调节弹性将大幅收窄。这种基础层的刚性约束,使得后续叠加的市场化指令面临边际响应能力递减的物理困境。

(2) 叠加激励层:在分时电价的基础上,通过现货交易、辅助服务以及需求响应等市场化行为可以挖掘更深层的调节潜力。然而,这类交易并非独立存在,而是嵌套在零售分时电价约束之中的。这就容易出现,当实时电价信号与零售分时电价方向一致时,可能存在过度响应;反之,当实时电价激励试图回调已被零售分时电价影响的负荷时,可能存在因用户行为惯性而失效。这种机制间的非协同耦合,导致虚拟电厂或聚合商难以剥离出剔除基础电价影响后的“净可调容量”,造成预测值与执行值的显著偏差。

(3) 横向博弈层:现货交易、辅助服务与需求响应等作为有组织的调节手段,在逻辑上共享同一个需求侧资源池,但在治理上却分属于不同的业务条线或市场运营机构。尽管当前市场规则多采用“分时段开市”或“顺序出清”来规避指令冲突,但底层数据与状态感知的割裂依然存在,并导致业务管理部门、市场运营机构以及各经营主体仅能掌握资源的名义注册容量,而无法实时感知该资源是否已被其他市场渠道“隐性占用”。

(4) 剩余状态层:需求侧资源池中存在一定比例暂未被调用的剩余资源。这类资源的状态具有极高的随机性与不可见性。受生产排程变更、环境因素或设备工况影响,理论上的可调节资源极可能在无监测的情况下转化为不可调节的刚性负荷。对这部分“沉默资源”的预测与监控仍是业界的难点,导致资源池的边界始终处于一种模糊的“黑箱”状态。

这种“多品种共用同一资源池”的局面,易出现市场信号叠加、响应重复、统计重合等问题。资源调度与市场交易之间的脱节,使得这类资源的真实可用性呈现出名义可调容量与实际有效水平显著背离的特征。

这一现象的深层原因在于数据要素传递机制的制度性设计难题。现有的市场化交易系统、电网企业负荷管理系统以及负荷聚合商之间存在跨企业、跨部门、跨专业的协同障碍^[9],尚未形成统一的

数据接口和市场交易结果共享机制。各主体的数据更新频次、精度和调用方式差异较大,信息传导出现了滞后性,导致不同市场环节对同一类资源的认知存在偏差。电网企业对资源运行状态掌握不充分,市场机构对资源履约能力缺乏校验依据,而聚合商自身的数据采集与建模能力参差不齐,使整个体系呈现出一种“资源共用但信息割裂”的状态。

此外,制度设计中涉及的多元主体之间权责界定模糊,进一步放大了协调难度。聚合商与虚拟电厂运营商承担市场组织功能,电网企业关注系统安全与负荷平衡,电力市场运营机构则关注市场运转的有序,3者的治理逻辑和责任侧重点并不一致。参与的经营主体注重价格信号的传导,电网企业、市场运营机构强调政策约束与风险防控,在缺乏统一规则与数据标准的情况下,各主体间的信息衔接与协调机制仍不明晰,制约了在市场与系统运行层面对需求侧资源的治理。

2.2 配电网内资源

配电网内资源主要包括独立接入配电网的分布式电源、配网储能以及支撑局部平衡和削峰填谷的调节性设施。它们具有显著的系统性影响:一方面直接影响配网潮流、节点电压与供电可靠性;另一方面,在区域平衡方面承担着越来越重要的作用。当前政策体系中,此类资源与计量表计后资源采取类似的处理方案,即通过聚合形式,以虚拟电厂、负荷聚合商等新型经营主体参与电力市场。但从治理实践看,这类资源的瓶颈并不仅在于市场准入的障碍,更在于技术、数据与价格机制的制约。

首先,配电网的无源特征决定了其调控能力仍待持续提高。与具备集中调度和潮流控制能力的主干电网不同,配电网本质上是以负荷供给为主的被动网络,其运行安全主要依赖电压稳定与潮流平衡的自然调节。虽然近年来各地积极推进“可观、可测、可调、可控”体系建设,通过新型负荷管理系统、配网自动化系统等融合实现数据感知和部分控制功能,但现阶段这类能力主要体现在监测与预警层面,而非实质性的调度管控。这一点在分布式光伏高渗透率地区尤为明显,例如在河南部分地区,午间光伏大发导致配网反向潮流和节点电压越限,需要陆续实施设备改造方可应对。因此,政策层面虽然加快推进配网层的分布式电源和储能聚合调控能力建设,但目前在实践层面,配电网仍缺乏足够的实时监测精度、潮流控制手段以及统一的数字化管理平台,配网侧的需求侧资源更多处于具备状态感知能力但缺乏实质性调控手段的阶段。

其次,跨专业与跨层级协调的技术壁垒仍需突

破。目前,配网运行数据来源分散,涉及调控、配电等多个数据中台,相较于计量表计后资源还涉及与调度系统的衔接,如图3所示。不同系统间的数据采集频率、精度和格式不统一,使得配网层的运行状态在主网调度、市场运营与地方供电机构管理之间的传递存在延迟与失真。近年来,电网企业积极推进电网跨专业协同,配电网内的有源设备(如分布式光伏、储能装置等)理论上可以纳入数字化监管体系,但受限于设备标准差异和接入接口复杂性,实际运行中配电网层的数据感知与反馈仍是薄弱环节。

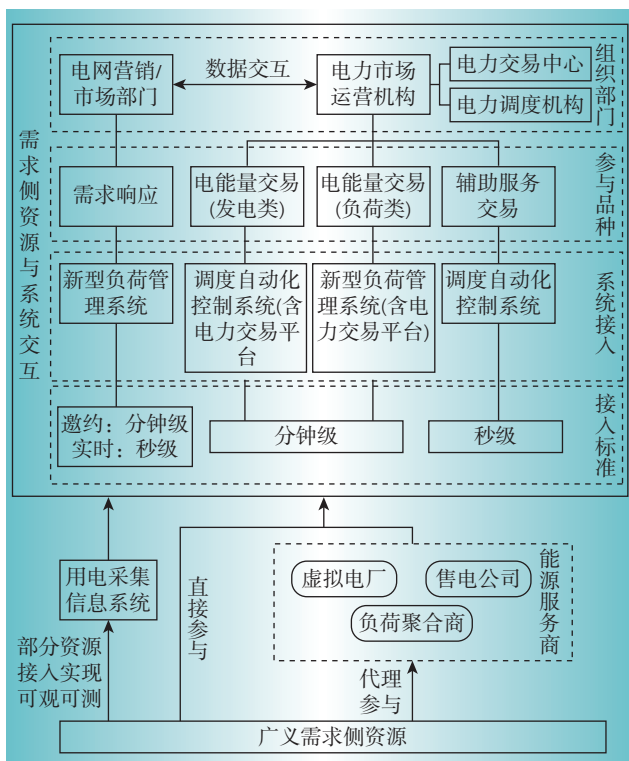
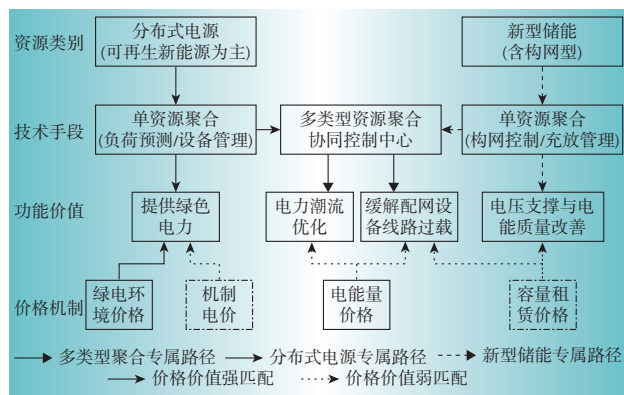


图3 需求侧资源与系统交互

Fig. 3 Interaction between demand-side resources and the system

再次,价格机制的约束使配电网内的资源价值无法得到充分体现。当前,现货市场、辅助服务市场等价格反映的是主干电网层面的系统供需平衡,终端零售电价可以为最终用户成本与行为调节提供信号。但对于介于两者之间的配电网层资源,目前缺乏独立的价格形成机制,如图4所示。现货价格虽然可通过节点映射方式传导至配网层资源,但这种映射仅反映输电层供需状态,无法体现资源在台区、馈线级重载支撑、局部电压稳定等方面的系统价值^[10]。同时,输电与配电环节的价格实行一体核定,使得基于配网的“就近交易”或局部灵活性市场价格,存在偏高或偏低的质疑,不利于体现资源在配网环节的作用。



注:① 机制电价为场外补偿机制,覆盖部分不再另给予绿电环境价格;② 容量租赁价格一般适用于部分地区的新能源配储项目。

图4 配电网内资源功能价值与价格机制

Fig. 4 Functional value and pricing mechanism of resources within the distribution network

2.3 连接较弱或部分离网运行的资源

连接较弱或部分离网运行的资源,包括源网荷储一体化项目、绿电直供、智能微电网等,是在新型电力系统建设背景下形成的新型用能形态。与前两类需求侧资源不同,这类业态的核心逻辑是以电力负荷为主体构成,通过局部能量自平衡和绿色电力替代实现供需协调。这类需求侧资源的开发目的不在于主动为公共系统提供电力或调节能力,而是提升可再生能源就近就地消纳能力和满足项目业主脱碳需求。在绝大多数时间内,这类系统将呈现“单向吸收”特征——即内部电源优先满足本地负荷,仅在少数出力极低或过剩时段,才可能与公共电网交换电量。如全国首个数据中心绿电直连源网荷储一体化项目,通过风电、光伏和新型储能联合运行,35%的用电量由直连绿电提供,实现直连绿色电力的全额消纳。因此,它在物理上弱耦合、在功能上以“自平衡”为核心,如图5所示,这一特征决定了其治理难题聚焦于以下2个方面。

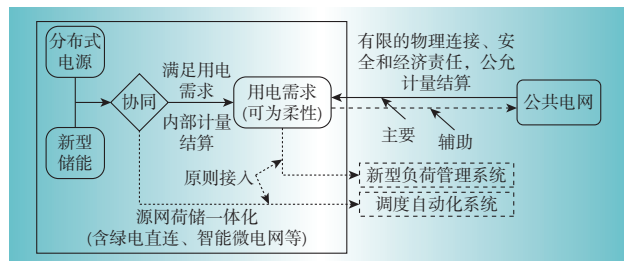


图5 连接较弱或部分离网运行的资源特征

Fig. 5 Characteristics of weakly connected or partially off-grid resources

一是系统之间交互的边界与机制仍待进一步细化。从我国电力系统的管理制度考量,相关政策^[41-42]明确提出了此类项目按接入电压等级和容量规模接受相应调度机构管理、按服务类别接入新型

负荷管理系统或电力调度自动化系统等系列要求。这些规定主要针对并网安全和接入条件,在一定程度上可提高此类项目接入公共系统的安全性,但是对于以负荷为核心、内部供需自平衡的系统而言,与公共电网的连接更偏向一种基于安全冗余的电气连接,在运行层面实现双向交互并不是项目实施的目的。

基于项目调研的情况来看,在实际运行中,由于电网企业难以对此类系统的运行状况开展持续监测与分类管理,项目运营方与公共系统的信息交换和应急响应也面临潜在标准化缺失风险。受此影响,两者的产权、物理、经济边界关系虽通过一系列政策逐渐清晰,但交互逻辑仍待明确:公共系统无法判断自治系统在应急状态下是否可用,自平衡系统也缺乏明确的责任义务或激励约束。这种状态使得此类需求侧资源的潜力难以有效释放。

二是间接价值的核算与价值评估机制仍待完善。这类以负荷为主体、源储协同运行的系统,其对公共电网的贡献主要体现在间接减负效应:通过局部发电、储能与负荷柔性调节,减少系统层面的峰值负荷、备用需求与输电压力,从而在总体上提升系统效率、降低容量投资。然而,目前系统价值的核算与评估机制更多关注于对公共系统的直接贡献,难以考虑此类间接贡献的价值。

具体来说,现有统计口径聚焦于公共电网系统的发、供、用电平衡,对自平衡系统内部的贡献缺少可被公允认可的核算标准和计量方案。受此影响,尽管从建设初衷和实施角度,推动此类需求侧资源建设在宏观上有助于降低公共系统的调节和投资压力,但在制度上仍没有较为合理的激励措施。随着这类业态数量迅速增长,这种“价值存在但不可计量”的状态,并不利于此类业态模式的可持续发展。

3 完善需求侧资源治理的展望和建议

随着新型电力系统建设的持续推进,电力系统治理的重心正由供给侧为主逐步转向供需双向灵活调节与协同互动。在这一转型过程中,需求侧资源的潜力挖掘与治理机制完善已成为影响电力系统互补互济、安全韧性、绿色低碳、经济高效的关键环节之一。尽管需求侧资源潜力巨大,但不同类型资源的治理症结各异,现有的治理逻辑存在结构性错位:

一是计量表计后资源面临“机制耦合不足”与“数据要素割裂”双重困境。零售分时电价的基础性约束与现货、辅助服务等多品种市场激励之间缺乏协同,导致资源响应能力被锁定或重复计算;同时,跨主体、跨专业的数据壁垒使得资源池类似“黑箱”,名义可调容量与实际有效水平存在背离。

二是配电网内资源存在技术推进不足与价值评估缺失的瓶颈,配电网的“可观、可测、可调、可控”体系建设仍有不足,制约了配电网内分布式电源与新型储能作用的发挥。同时,价格机制与价值匹配仍待完善。

三是连接较弱或部分离网运行的资源面临“交互边界模糊”与“间接价值被低估”的问题。此类以电力消费为核心的业态与公共系统的责任权利边界尚不清晰,且其通过减少公共电网投资压力所产生的间接系统价值,在现行核算体系中缺乏公允的计量与激励标准。

综上分析,3类需求侧资源作用发挥虽然面临差异化的挑战,但其根源在于制度嵌入、市场识别和系统协同等方面的共性挑战:一是治理层级衔接不畅,不同类型资源在管理体制、市场接口及调度机制上存在边界不清与职责重叠问题;二是市场信号不充分,现行电价体系和市场规则尚未能准确反映需求侧灵活性价值,资源激励的长期性和可预期性不足;三是数据与信息不统一,调度、交易与用户侧系统之间缺乏统一的数据接口与共享机制,难以支撑资源的动态可视化与协同调用;四是责任与激励不清晰,各类参与主体之间尚未形成稳定的责任划分与信用约束结构。这些问题在不同类型资源中表现各异,但共同反映出当前需求侧资源多维治理仍处于起步探索阶段,相关机制设计仍存在碎片化、局部化等特征,统筹谋划和衔接协调不足。

因此,在全国统一电力市场体系建设背景下,为激发需求侧资源潜力,应从制度、市场、技术与信用4个维度形成需求侧资源协同治理的新格局。

从整体视角看,开展需求侧资源治理的相关制度应当嵌入全国统一电力市场体系的整体制度框架之中。全国统一电力市场体系的建设不仅要求规则与平台的统一,也意味着治理逻辑需从业态分割走向要素协同。在这一过程中,需求侧资源的治理创新应当兼顾标准化与差异化:一方面,通过统一标准、数据接口与信用机制,确保不同地区、不同资源在同一市场规则下实现公平参与;另一方面,应保留适度的制度弹性,以适应不同区域在网架结构、负荷特征和市场成熟度等方面的差异。同时,需求侧资源治理还应与能源、碳、数据等要素市场的建设相衔接,形成跨部门、跨要素的协同机制,推动能源系统整体效率提升。通过标准统一、机制互联与数据共享,需求侧资源将从辅助性环节转变为系统性要素,成为支撑新型电力系统安全、高效与低碳运行的重要力量。

一是从制度层面看,开展需求侧资源治理需要从“分散管理”向“协同嵌入”转变。现有的治理模式往往依据资源属性、行业归属或接入层级进行分割,虽然在一定阶段可以发挥各类型资源的作用,但是随

着统一市场建设的推进容易导致治理边界重叠、责任链条不闭合等问题。因此,制度设计可考虑以“功能一致性”而非“资源类别”为治理逻辑,建立统一的资源注册与评价体系。通过标准化准入规则、聚合管理办法和统一的计量核算标准,使不同层级的需求侧资源能够在统一制度框架下实现有序参与。

二是从市场价格机制的角度看,完善价格机制是激活需求侧资源的核心环节^[1]。目前电价形成机制难以充分反映需求侧的边际调节、分级调节、间接贡献等价值。因此,探讨构建多层次、可映射的价格体系,使不同层面的资源价值在统一经济逻辑下得到识别是一种可行路径。从主干电网层看,现货市场应反映系统整体的供需状态;从配电网层看,局部灵活性市场可通过容量价值贡献体现配电层灵活性贡献;从终端层看,零售市场则可引导用户侧的负荷优化。同时,可探索将性能价值、环境价值等纳入收益体系,通过市场机制给予长期激励,使需求侧资源从短期应急工具转变为常态参与系统运转与市场运行的主体,使治理重点由行政调控为主向市场内生调节与政策监管服务并重转变。

三是从技术与数据基础看,数字化治理的成熟是需求侧资源协同管理的基底。分布式、异质化的资源特征决定了必须重视数据贯通与信息对称。依托全国统一电力市场体系,推动构建覆盖注册、计量、监测、交易和调度全过程的数字化数据平台,实现资源运行状态与市场履约信息的实时互通。同时,进一步加快在配电网层面推进可观、可测、可调、可控体系建设,实现电力流与数据流的双向映射。完善数字化基础设施,不仅能提升需求侧资源利用的技术效率,更是治理现代化的关键环节,其建设程度直接决定了市场协同与制度执行的有效性。

四是从信用与责任的角度看,推动需求侧资源常态化发挥作用需要稳定的信任与约束机制。随着市场主体多元化,传统的监管模式难以覆盖所有行为类型,信用化治理将成为重要方向。通过建立统一的信用注册与履约评价体系,将需求侧资源的响应稳定性、履约记录与市场准入条件相挂钩,实现“信用即资格、履约即收益”的治理逻辑。在此基础上,应进一步明确聚合商、电网企业与电力市场运营机构的协作边界与责任分担关系,形成权责对应的协同治理结构。D

参考文献:

- [1] 邱忠涛,格根敖其,贾跃龙,等. 新型电力系统供需协同全要素理论框架[J]. 中国电力, 2025, 58(10): 147-162.
QIU Zhongtao, GEGEN Aoqi, JIA Yuelong, et al. All-factor theoretical framework for supply-demand synergy in new-type power systems[J]. Electric Power, 2025, 58(10): 147-162.
- [2] 高洪超,康重庆,李嘉宇,等. 新型电力系统下虚拟电厂的技术演进研判与运营挑战分析[J]. 电工技术学报, 2025, 40(19): 6 057-6 071.
GAO Hongchao, KANG Chongqing, LI Jiayu, et al. Analysis of technological evolution and operational challenges for virtual power plants in new power systems[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2025, 40(19): 6 057-6 071.
- [3] 周伏秋,王娟,赵晓东,等. 创新优化电力需求响应,支撑新型电力系统建设[J]. 电力需求侧管理, 2023, 25(1): 1-4.
ZHOU Fuqiu, WANG Juan, ZHAO Xiaodong, et al. Innovate and optimize power demand response to support the construction of new power system[J]. Power Demand Side Management, 2023, 25(1): 1-4.
- [4] 曾鸣,王俐英. “双碳”目标下的电力需求侧管理进阶与变革[J]. 中国电力企业管理, 2021(10): 23-25.
ZENG Ming, WANG Liying. Advancement and transformation of demand-side management in the power sector under the “dual carbon” goals[J]. China Power Enterprise Management, 2021(10): 23-25.
- [5] 吴林林,陈璨,胡俊杰,等. 支撑新能源电力系统灵活性需求的用户侧资源应用与关键技术[J]. 电网技术, 2024, 48(4): 1 435-1 450.
WU Linlin, CHEN Can, HU Junjie, et al. User side resource application and key technologies for flexibility demand of renewable energy power system[J]. Power System Technology, 2024, 48(4): 1 435-1 450.
- [6] 汤庆峰,刘念,张建华. 计及广义需求侧资源的用户侧自动响应机理与关键问题[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(24): 138-147.
TANG Qingfeng, LIU Nian, ZHANG Jianhua. User-side automatic response mechanism and key issues considering generalized demand-side resources[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(24): 138-147.
- [7] 邢龙,张沛超,方陈,等. 基于广义需求侧资源的微网运行优化[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(12): 7-12, 133.
XING Long, ZHANG Peichao, FANG Chen, et al. Microgrid operation optimization based on generalized demand-side resources[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(12): 7-12, 133.
- [8] 赵晓东,王娟,邓良辰. 我国虚拟电厂高质量发展的若干关键问题辨析[J]. 中国能源, 2024, 46(12): 25-38.
ZHAO Xiaodong, WANG Juan, DENG Liangchen. Analysis of several key issues in the high-quality development of virtual power plants in China[J]. Energy of China, 2024, 46(12): 25-38.
- [9] 白云龙,赵晓东,王娟,等. 电力负荷精准管理风险源分析及评估指标体系研究[J]. 中国能源, 2024, 46(11): 59-69.
BAI Yunlong, ZHAO Xiaodong, WANG Juan, et al. The research on risk source analysis and evaluation index system for precise management of power load[J]. Energy of China, 2024, 46(11): 59-69.
- [10] 程韧俐,周保荣,史军,等. 面向区域统一电力市场的超大城市虚拟电厂关键技术研究综述[J]. 南方电网技术, 2023, 17(4): 90-100, 131.
CHENG Renli, ZHOU Baorong, SHI Jun, et al. Review of key technologies for mega-city virtual power plants upon regional unified power market[J]. Southern Power System Technology, 2023, 17(4): 90-100, 131.
- [11] 赵晓东,王娟,邓良辰,等. 电力市场化改革下我国需求响应价格形成机制研究[J]. 价格理论与实践, 2024(2): 142-147, 222.
ZHAO Xiaodong, WANG Juan, DENG Liangchen, et al. Study on the price formation mechanism of demand response under the electricity market reform in China[J]. Price: Theory & Practice, 2024(2): 142-147, 222.

(责任编辑 孙 晶)