

“双碳”目标下需求侧资源灵活绿色互动技术标准体系研究

顾晓倩¹, 刘鑫², 黄杰¹, 董希建¹, 薛峰¹

(1. 国网电力科学研究院有限公司(南瑞集团有限公司), 南京 211106; 2. 东南大学
电气工程学院, 南京 210096)

摘要: 面对全球气候变化的挑战, 中国提出了“双碳”目标, 并迫切需要推动能源系统低碳运行。需求侧资源作为电力系统的重要组成部分, 其优化运行和灵活互动对于实现这些战略目标具有关键作用。然而, 目前的技术标准体系存在重要支撑标准缺失、现有标准与新兴技术的不适应、标准之间不衔接等问题, 这些问题严重阻碍了需求侧资源在“双碳”战略中的潜在效益。为了应对这些挑战, 深入分析了现行标准的不足, 并基于此构建了一个全面且协调一致的标准体系。为“双碳”战略背景下需求侧资源灵活绿色互动的标准化工作提供全面的技术指导和明确的方向指引, 从而有效地支持“双碳”目标的实现。

关键词: 需求侧资源; “双碳”目标; 标准体系; 灵活绿色互动

Research on the technical standard system for flexible and green interaction of demand-side resources under the Dual Carbon goals

GU Xiaolian¹, LIU Xin², HUANG Jie¹, DONG Xijian¹, XUE Feng¹

(1. State Grid Electric Power Research Institute (NARI Group Corporation), Nanjing 211106, China; 2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: In the face of global climate change challenges, the Dual Carbon goals are proposed by China, and the low-carbon operation of the energy system is urgently required. As a critical component of the power system, demand-side resources are recognized as playing a critical role in achieving these strategic objectives through optimized operation and flexible interaction. However, several issues are found in the current technical standards system, including a lack of essential supporting standards, incompatibility between existing standards and emerging technologies, and poor coordination among standards. The potential benefits of demand-side resources in the context of the Dual Carbon strategy are severely hindered by these challenges. To address these issues, a thorough analysis of the shortcomings of existing standards is conducted, and based on this, a comprehensive and well-coordinated standards system is developed. The primary goal is defined as providing detailed technical guidance and clear direction for the standardization of the flexible and green interaction of demand-side resources under the Dual Carbon strategy, thereby effectively supporting the achievement of the Dual Carbon goals.

Key words: demand-side resources; Dual Carbon goals; standards system; flexible and green interaction

0 引言

在化石能源逐渐枯竭、环境污染问题日益严重背景下, “双碳”目标的实施不仅能够促进国内环境质量的改善和生态系统的恢复, 而且表明了我国在全球气候治理方面的担当, 体现了与其他国家共同应对气候变化挑战的决心。为了实现这一目标, 我国推出了一系列政策和措施来加速能源结构调整、促进产业升级, 并发展碳市场交易^[1]。国务院发布《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书, 强调了

需求侧资源在促进节能减排方面的重要作用。国家发改委提出《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》, 明确要求完善灵活性电源建设和需求响应机制, 以构建清洁低碳的能源体系^[2]。在全球范围内, 许多国家都出台了关于能效提升、碳排放减少和可再生能源利用政策, 这些政策往往包括对需求侧管理技术的支持和激励^[3]。因此, 需求侧资源在促进能源的高效利用和低碳转型方面具有重要价值, 是实现“双碳”目标的重要支撑^[4]。

受能源结构变化和消费清洁化的影响, 需求侧资源的运行逐渐整合了智能计量、自动化控制、物联网等跨领域技术, 并逐步向更加自动化、智能化

和市场化方向发展。在系统层面,为了缓解可再生能源的不确定性和波动性,需求侧资源需要提供更灵活的响应能力^[5]。在企业 and 家庭层面,用户更加注重能源效率的提升,直接影响了其碳排放水平^[6]。此外,随着电力市场和碳市场机制的逐步完善,需求侧资源可以更主动地参与市场交易^[7]。这些变化导致现有的需求侧资源管理、运营和交易技术标准亟须更新,以适应清洁能源的发展要求。国家发改委发布的《关于加快建立产品碳足迹管理体系的意见》表明我国将要出台约50个重点产品碳足迹核算规则和标准。这一政策强调要规范产品全生命周期的碳排放,强化节能降碳管理,突显了需求侧资源在“双碳”目标实现过程中的重要性。因此,研究需求侧资源在“双碳”目标下的灵活绿色互动技术标准体系显得尤为重要。这不仅促进了需求侧资源的市场化和常态化管理,还推动了业务实施的标准化和规范化,确保需求侧资源的互动能力和效率得到全面提升,从而有效支持国家环境保护和“双碳”目标。

1 需求侧资源在“双碳”目标中的作用

需求侧资源(包括工业、商业、居民用户的可调负荷、分布式可再生能源和储能)与碳排放之间有紧密的耦合关系。如图1所示,需求侧资源位于能源消费端,是碳排放流中的重要一环。一方面,需求侧资源能够通过调节能源消耗直接或间接地影响碳排放;另一方面,需求侧资源的优化运行可以改变用户的角色,使其从传统的“被动能源消费者”转变为“主动能源参与者”,使得碳排放的责任从单一的发电企业转移到能源消费者之间^[8]。这有利于碳排放责任的多元化分担,并促进了用户主动参与碳减排和碳交易。具体而言,需求侧资源在“双碳”目标中的作用主要包括以下几个方面。

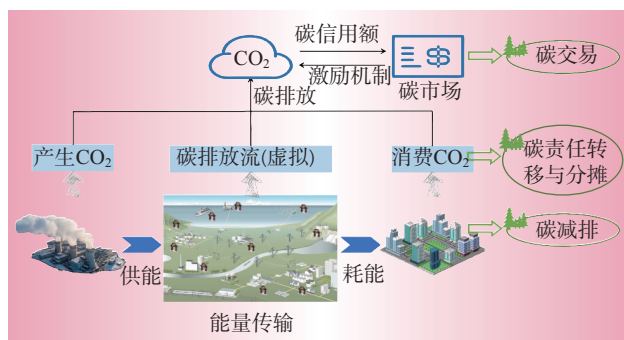


图1 碳排放流框架

Fig. 1 Framework of carbon emission flow

(1) 需求侧资源在碳减排方面的作用

通过调节能源用户的能源使用行为和模式来提高用户的用能效率,可以减少相同产出所消耗的能源,从而直接降低与之相关的碳排放。例如,工业企业通过改进生产设备和流程;商业建筑通过采用智能控制系统;住宅用户通过使用节能家电等方式。这些方式均可实现能效的提升,进而减少碳排放量。通过需求响应、虚拟电厂等智能控制技术,实现负荷的动态管理和调度,从而间接降低碳排放。例如,通过需求响应能够使用户在用电价格较低或碳排放较少的时间段增加用电,而在高峰期或碳排放较高的时段减少用电,进而在总用电量不变的情况下减少碳排放量。此外,需求侧资源能够为电力系统提供灵活性服务,支持新能源的消纳,从而减少对传统火电的依赖,进一步降低碳排放量。

(2) 需求侧资源在碳责任分摊方面的作用

目前的碳责任分摊模式过于侧重能源供应侧,导致生产者承担了大部分碳排放责任,而消费者使用的各类非能源产品在此模式下往往被排除在碳责任之外^[9]。这种偏重于生产侧的碳责任分摊机制可能导致资源配置不均和效率低下,因为它忽略了消费者在碳排放中的角色。因此,有必要将需求侧资源纳入碳责任分摊体系中,不仅可以提高碳减排的整体效果,还能促进更为公平的责任和成本分配。例如通过补贴、税收优惠和“碳信用”等方式鼓励用户采取节能措施和减少碳排放。这些激励措施实质上是将碳排放责任分摊给参与管理和减排的用户,使每个用户在享受经济利益的同时也承担起部分碳减排的义务。这种分摊机制通过激励手段将碳排放的责任合理分配给每一个用能主体,从而增强全社会对碳减排的参与度。

此外,能源需求侧与供应侧紧密相连,能源供应和碳排放量的高低直接受到需求侧的影响。通过调整碳排放责任,可以激励用户主动提高能效与资源利用率,转变能源消费模式,积极参与碳减排行动。

(3) 需求侧资源在碳交易方面的作用

需求侧资源的灵活绿色互动技术可以帮助用户积累“碳信用”,通过减少碳排放量,用户能够将其用于交易或抵消,并获得相应的收益。这些收益又可以激励用户进一步进行节能减排。在这种机制下,碳排放责任得以通过市场化手段在不同的市场主体之间转移和分摊,有效激发了用户主动参与碳减排、共担碳排放责任。这不仅有助于构建一个更加合理高效的碳责任共担机制,同时有利于推动碳资源的商品化,为构建更为完善的碳市场机制奠定基础。

总体而言,需求侧资源不仅能够通过减少化石能源消耗来直接实现碳排放削减,同时也能够通过优化能源利用效率,促进可再生能源消纳和参与碳市场交易,来支撑整个能源系统的低碳转型。因此,需求侧资源灵活绿色互动技术不仅能够提高系统的运行效率,还为实现“双碳”目标提供了更加全面的路径和工具。

2 国内外现有标准分析

2.1 需求响应标准现状

需求侧资源的协同运行能够提升电力系统的灵活性和可靠性,促进可再生能源的高效消纳。为了确保需求响应技术在研究和应用过程中保持系统性和兼容性,国内外相关组织制定了相应的标准,如附录A所示。

国内目前建立了电力需求响应相关领域的国家标准8项、行业标准6项以及团体标准11项,涵盖了需求响应系统、信息交换接口和监测评价等多个类别^[10]。系统类标准规定了需求响应系统的功能规范和总体要求,涵盖系统架构、基本功能以及性能指标等关键方面。这些标准主要适用于电力需求响应系统的设计、开发以及日常运行与维护。接口类标准则规定了需求响应终端的功能和技术要求,以及信息交换的规范和机制,从而增强了不同系统和设备之间的互联互通能力。监测评价类标准明确了电力需求响应测量与验证的相关指标、基本流程和算法。此类标准能够推动需求响应效果的统一分析与评估,实现需求响应综合效益的科学考量。

在国际层面,国际标准化组织(international organization for standardization, ISO)和国际电工委员会(international electrotechnical commission, IEC)等标准化组织发布了多项国际标准,用以规范和指导需求响应技术和实践。这些标准涵盖了家庭能量管理系统、高级计量基础设施和配电网管理系统多个方面。在家庭能量管理系统方面,ISO/IEC 15067—3系列标准规范了需求响应能量管理系统框架和模型,涉及多种需求响应类型,包括直接控制、局部控制和分布式控制;IEEE 2030.5规定了各类设备之间的通信标准,用于需求响应的自动化。在配电网管理系统方面,IEC 62746系列标准明确了用户侧能量管理系统和电力管理系统之间的接口,规定了需求响应和分布式能源资源通信的基本数据模型和服务;IEC 61968系列标准建立了通用信息模型,用于支持配电网系统的数据交换和需求响应

业务流程管理;IEC 61970系列标准主要负责能量管理系统的应用程序编程接口;2023年发布的自动化需求响应通信规范 OpenADR 3.0能够支持越来越多分布式能源的聚合管理,提供了动态的定价结构,并更好地支持温室气体信号传输和电网代码调整。

此外,我国正在制定工业设施需求响应能源管理应用框架,拟利用物联网相关通信技术实现工业设施之间的高效信息交换。同时,ISO和IEC正在对ISO/IEC 15067—3系列标准进行更新,以适应新兴技术和市场需求,确保家庭能源管理系统能够有效参与需求响应活动。这些科学、规范的标准化工作确保了需求侧资源有效应用,最大化其潜力,有利于推动需求响应进一步发展和推广。但现有标准主要面向传统需求响应场景,对需求侧资源灵活绿色互动涉及的多资源协同控制、源网荷储协同运行以及电-碳协同优化等新需求支撑不足,已发布标准需进一步扩展适用范围,在研标准可进一步加强与新型互动场景的衔接。

2.2 “双碳”目标标准现状

碳排放管理标准化技术委员会(SAC/TC 548)专门负责“双碳”目标领域国家标准的编制工作。目前,在温室气体量化与报告、碳核算和碳足迹等方面,已发布国家标准49项。目前正在制定和修订的国家标准达60余项,这些标准大致可以分为如下4个方面:①扩大温室气体和碳排放管理体系的实施范围,并完善碳排放的核算方法;②规范产品碳足迹的量化方法,规定单位产品碳排放限额;③建立和完善温室气体与碳减排量的评估和评价标准;④规范温室气体审定检查组及审定核查员资质条件要求。

在国际层面,ISO/TC 207/SC 7致力于温室气体管理相关标准的制定,已发布的标准有17项,制定和修订的标准有11项,涵盖了温室气体量化、监测与报告、温室气体管理行动方案的框架与原则、产品碳足迹和风险评估等多个方面。IEC/TC 111/WG 17已发布2项标准分别规定了电气和电子产品及系统温室气体排放和温室气体排放减少的量化方法,正在编制碳足迹量化和碳减排在通信领域的相关原则、方法和要求。碳排放核算标准是构建和完善温室气体排放管理体系的一项重要内容。目前已经形成了多个碳排放核算标准体系,不同的碳排放核算标准体系在应用重点和方法方面存在一定的差异。

需求侧资源灵活绿色互动技术在促进能效提升和碳减排方面具有巨大的潜力,标准化工作组织已经制定相关标准,以实现更优的用能和碳减排。附录B展示了部分国内外具有代表性的现行或在研标准。

技术的有效、安全和高效运行。在需求响应实施过程中,需要通过统一的用能终端通信协议与聚合商控制接口,实现多类设备的协同控制响应,保障多设备、多厂家系统的互联互通和响应可靠性。此类标准囊括了需求响应系统类和接口类标准等多个方面,包括如下4部分。

1) 基本功能类标准规定了设备硬件和软件系统应具备的基础功能。其中硬件方面需要对设备的运行环境、接口类型、关键性能参数等做出规定;软件方面需要明确不同系统的功能分区、性能要求、访问权限、数据格式和编码标准等。同时,还需要规定基本功能的拓展性,便于设备和系统的维护和升级,以适应动态发展需求。

2) 智能运行类标准旨在提升需求侧资源灵活绿色互动的智能化水平,包括自动化控制、优化算法、交互接口。其中,自动化控制需要对控制的基本逻辑、控制策略、反馈机制、故障诊断和自我修复机制做出要求;优化算法主要规定算法的效率、准确性和适应性等方面;交互接口标准要求标准化软、硬件的交互方式,满足需求侧管理系统与碳管理系统无缝连接的需求,以便不同系统和设备之间能够协调运行。

3) 信息通信类标准用于确保信息的有效采集、处理和传递,是实现需求侧资源智能互联的基础。此类标准主要包括数据的采集和处理、通信协议。其中在数据采集和处理方面需要规定数据采集的频率、类型和精度,确保数据质量和完整性,定义数据接口标准,促进不同系统和设备间的数据共享;在通信协议方面需要规定协议兼容性、连接的稳定性和可靠性、拥塞管理和通信网络的实时性能。

4) 安全防护类标准主要用于防止物理和网络安全威胁,保障系统和数据的完整性和隐私,包括物理、网络和数据安全。其中物理安全标准包括访问、监控、灾害应对等方面;网络安全标准对加密方法、防火墙技术、安全认证等方面做出要求;数据安全标准需要规范化数据分类和处理、数据访问权限和数据保护法规等。

(2) 测量评估类标准的作用是确保需求侧资源碳排放量的精准计量、有效评估和全面报告,以便精准了解其对能源系统和环境的影响。例如,在需求侧资源灵活绿色互动过程中,需要基于碳排放因子与实时电力负荷数据,通过标准化的计量模型和边界定义,对用户侧设备运行的碳排放进行分类测量和可视化展示,为碳资产管理提供数据支撑。因此需要碳排放计量边界、负荷数据精度和评估方法

等相关标准。此类标准整合了需求响应的测评类、管理类标准和相关的碳排放计量评估标准,包括如下4部分。

1) 监测报告类标准规定了温室气体排放报告的范围和内容,规范化需求侧用能和碳排放的监测以及数据报告。在报告内容规范方面,既要统一术语和定义、报告格式和数据要求,又要反映各个行业特定的需求和特点,同时保持足够的细节和透明度;在监测技术和方法方面,规定使用的监测设备和技术,确保数据采集的精确性和一致性。

2) 核算测算类标准旨在准确计算需求侧能耗和碳排放量,包括碳排放核算边界、模型和方法、碳减排测算等方面。其中,碳排放边界需要明确碳核算的组织管理边界、物理操作边界、时间边界,确保核算公平性和完整性;碳排放模型和方法主要规范核算方法的规范性和适用性,明确核算的理论模型、执行步骤和验证机制;碳减排测算需要规范化减排量的测算方法及系统能效提升的计算方法,确保这些方法的普适性和准确性。

3) 评估评价类标准的目的是规范需求侧资源响应能力、减排量的评估和总体效益的评价。其中,在响应能力评估方面,需要标准化需求侧资源的响应速度、调节能力、可靠性及经济效益;减排量评估的标准化工作需明确碳减排量的计算方法、基准线的设定、核查与验证过程,并统一碳排放因子的计算方法,确保能源消耗与碳排放量转换的合理性;碳减排评价方面的标准应考量灵活绿色互动技术的环境效益和可持续性,标准化减排措施持久性和长期效果的评估工作。

4) 服务管理类标准旨在建立高效的需求侧资源服务管理体系,以提升服务质量和效率。此类标准需要明确规定管理机构对需求侧资源及相关利益方提供的服务内容。通过规范温室气体审定核查组及审定核查员资格和认证,确保其具备足够的专业知识和技能,以保障核算结果的公正性。此外,需要规范系统操作员的培训及考核,确保操作员能够依照既定标准有效执行日常管理和应急响应任务。

(3) 市场政策类标准涵盖了市场机制设计、交易规则和政策法规相关的标准,旨在推动需求侧资源在能源市场和碳市场中的有效交易。需求侧资源主要通过聚合商平台参与市场交易,这依赖于统一的资源识别编码、市场准入条件、监管机制等。相关标准的规范化程度直接决定了资源能否顺利参与交易并获得收益,体现了市场机制标准在工程

实践中的指导作用。

1) 交易规则类标准用于确保市场交易活动的公平性、高效性和透明性,包括市场准入条件、交易流程和违约处理。其中,市场准入条件用于明确哪些实体可以参与能源市场和碳市场,包括资质要求、注册流程和信用评估等方面;交易流程需要规范碳交易的订单提交、撮合、出清和结算流程,并规范在交易过程中披露相关信息;违约处理用于明确什么行为构成违约,规范违约行为的处罚措施和争议解决措施。

2) 价格机制类标准的主要目的是确保价格形成机制的合理性,包括定价方法、补贴和激励标准。具体来说,在定价方法方面,标准应确保价格的形成既能反映市场的供需关系,也要符合政策导向。此外,需要规范碳价格与能源补贴的耦合关系,促进需求侧降低碳排放。在补贴和激励标准方面,标准化的内容应包括确定补贴对象和条件、补贴金额的计算方法、绩效评估和考核机制,以确保补贴和激励措施的有效性和公正性。

3) 政策监督类标准应确保市场运作的透明度和公正性,预防市场交易可能出现的风险,包括市场监管、政策法规、风险管理。其中,市场监管的标准化工作用于明确市场监管机构的职责范围,建立全面的市场监控系统;政策法规实施的标准化工作是为了确保碳交易和需求侧资源灵活绿色互动遵循当前环境法规和政策,促进法律法规与市场发展同步更新;风险管理标准应对需求侧参与市场交易的风险识别和评估、风险缓解措施和风险应对计划做出要求。

4 需求侧资源灵活绿色互动技术标准体系发展展望

需求侧资源灵活绿色互动技术标准体系在未来的发展过程中,仍需关注新技术、新政策和新业态带来的新挑战与新需求,构建具有前瞻性和演进性的标准体系。影响标准体系发展的因素日益多样化,呈现出技术和政策双重驱动的特征。从技术层面来看,人工智能、大数据、边缘计算等新兴技术对数据接口、通信协议、控制响应等方面提出了更高的标准要求,需要构建数据建模、语义互操作和人工智能算法安全等新标准。从政策与市场机制角度来看,需求侧资源的市场角色、价值及其交易方式也将发生变化,因此需要调整原有标准的适用范围,更新与资源性能验证和结算相关的标准,以

适应不同场景下的应用需求。

考虑到上述影响因素,未来标准体系建设在保持系统性、协调性的同时,还需注重可拓展性与模块化设计。通过建立标准体系的定期评估与迭代更新机制,确保标准体系能够及时响应技术升级和政策变化。需求响应、碳计量评估和电力市场等不同标准组应进一步加强协同建设,其中,需求响应标准应规范资源接入和调控和响应过程,为碳计量提供统一的数据来源;碳计量评估标准应为需求响应效果评价和市场交易提供可信依据;电力市场标准则应基于计量评估结果完善市场准入和交易结算和激励机制,实现需求侧资源灵活绿色互动价值的市场化转化,推动不同标准组形成相互支撑、闭环协同的标准体系。

未来还可以考虑在标准体系的构建过程中采用人工智能技术,这有利于提高标准制定的智能化水平和效率。例如,自然语言处理技术可用于对大量现有标准文本进行语义识别与结构抽取,构建标准条文之间的逻辑关系图谱,识别潜在的内容冲突、重复与遗漏,辅助开展标准整合与内容优化。大数据分析技术则可基于负荷响应、用户行为、电力市场等多源数据,对不同类型需求侧资源的运行特性与响应能力进行建模评估,从而实现标准内容的科学制定。

5 结束语

本文探讨了需求侧资源在实现“双碳”目标中的主要作用,全面地分析了国内外在需求侧资源灵活绿色互动和“双碳”目标方面的标准现状,并系统地梳理了现有标准的不足及其改进需求。基于标准体系构建原则与要求,提出了构建“双碳”目标下需求侧资源灵活绿色互动技术标准体系的关键要素和实施路径,形成了一套全面、系统的标准体系架构。所构建的标准体系架构以需求侧资源灵活绿色互动的应用场景为主线,覆盖多种技术种类和完整的业务流程,能够为“双碳”目标下需求侧资源的标准化工作提供有力的技术指导,从而有效支持“双碳”目标的实现。D

附录见本刊网络版(<http://dsm.ijournals.cn>)。

参考文献:

- [1] 别朝红,王则凯,肖遥,等. 双碳目标下新型电力系统发展展望[J]. 新型电力系统, 2023, 1(2): 116-131.
- BIE Chaohong, WANG Zekai, XIAO Yao, et al. Outlook

- on the development of new power system under dual-carbon target[J]. New Type Power Systems, 2023, 1(2): 116–131.
- [2] 国家发展改革委,国家能源局.关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见[Z].北京,2022. National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Opinions on improving the systems, mechanisms, policies and measures for green and low-carbon energy transition[Z]. Beijing, 2022.
- [3] 钟永洁,汤成俊,王紫东,等.我国虚拟电厂的发展演进和关键技术及难点分析[J].浙江电力,2025,44(2):13–31. ZHONG Yongjie, TANG Chengjun, WANG Zidong, et al. Analysis of the evolution, key technologies, and challenges of virtual power plants in China[J]. Zhejiang Electric Power, 2025, 44(2): 13–31.
- [4] 王兴东,马磊,杨金成,等.计及需求侧资源可调潜力的互动关键技术发展综述及展望[J].供用电,2023,40(3):71–78. WANG Xingdong, MA Lei, YANG Jincheng, et al. Development summary and prospect of interactive key technologies taking into account the interactive potential of demand side resources[J]. Distribution & Utilization, 2023, 40(3): 71–78.
- [5] 刘军会,刘鑫,李虎军,等.国外需求响应市场化实施模式及启示[J].电力需求侧管理,2021,23(2):95–100. LIU Junhui, LIU Xin, LI Hujun, et al. Implementation mode and enlightenment of the domestic and foreign demand response participating in electricity market[J]. Power Demand Side Management, 2021, 23(2): 95–100.
- [6] 田璧源,常喜强,徐海奇,等.共享模式下园区用户侧广义储能低碳经济调度策略[J].电力需求侧管理,2022,24(6):99–105. TIAN Biyuan, CHANG Xiqiang, XU Haiqi, et al. Low carbon economic scheduling strategy of GES at the user side of the park under the sharing mode[J]. Power Demand Side Management, 2022, 24(6): 99–105.
- [7] 李伊竹林,韩肖清,李廷钧,等.基于动态电-碳需求响应的综合能源系统日前多元低碳交易方法[J].电力系统自动化,2024,48(12):24–35. LI Yizhulin, HAN Xiaoping, LI Tingjun, et al. Multifaceted day-ahead low-carbon trading method for integrated energy systems based on dynamic electricity-carbon demand response[J]. Automation of Electric Power Systems, 2024, 48(12): 24–35.
- [8] GAO Y, LIU G, MENG F, et al. A carbon responsibility allocation approach with incentives mechanism based on carbon emissions and carbon offsets accounting[J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 434: 139 814.
- [9] 张洋,江亿,胡珊,等.基于基准值的碳排放责任核算方法[J].中国人口·资源与环境,2020,30(11):43–53. ZHANG Yang, JIANG Yi, HU Shan, et al. New approach for carbon emission responsibility allocation with product benchmark[J]. China Population Resources and Environment, 2020, 30(11): 43–53.
- [10] 李磊,王朝亮,陈珂,等.双碳背景下需求侧灵活资源互动技术标准体系研究[J].标准科学,2022(S1):64–71,77. LI Lei, WANG Chaoliang, CHEN Ke, et al. Research on the technical standards system of demand side flexible resource interaction in the context of dual carbon goals[J]. Standard Science, 2022(S1): 64–71, 77.
- [11] 王金丽,李丰胜,解芳,等.双碳战略背景下新型配电系统技术标准体系[J].中国电力,2023,56(5):22–31. WANG Jinli, LI Fengsheng, JIE Fang, et al. Research on technical standard system of new distribution system under double-carbon strategy[J]. Electric Power, 2023, 56(5): 22–31.
- [12] GALKIN N, YANG C W, NORDSTRÖM L, et al. Prototyping multi-protocol communication to enable semantic interoperability for demand response services[C]. 2021 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids. IEEE, 2021: 15–20.
- [13] 郭建军,廖权虹,白可,等.浅析碳核算数据模型及碳核算标准化体系建设[J].标准科学,2024(11):93–100. GUO Jianjun, LIAO Quanhong, BAI Ke, et al. A brief analysis of the carbon accounting data model and the construction of carbon accounting standardization system[J]. Standard Science, 2024(11): 93–100.

作者简介:

顾晓倩(1989),女,江苏南京人,硕士,主要从事电力系统稳定控制、电力系统碳排放、能源的信息物理社会系统(CPSSE)的国际标准研制工作。

(责任编辑 崔素媛 方德康)

广告索引

浙江省台州市35 kV柔性低频输电示范工程 …… (封面)
现代配电系统技术丛书 …… (封三)

江苏丰海新能源淡化海水发展有限公司 …… (封底)

附录 A

表 A-1 国内外需求响应关键标准

Table A-1 Domestic and international key standards for demand response

标准编号	标准名称	标准简介
GB/T 35681—2017	电力需求响应系统功能规范	规定了电力需求响应系统的组成及参与者,需求响应服务系统、聚合系统以及终端的功能及要求。
DL/T 1867—2018	电力需求响应信息交换规范	规定了电力需求响应信息交换的一般原则和要求、信息模型、信息交换服务及机制。
GB/T 32127—2024	电力需求响应监测与评价导则	规定了电力需求响应监测指标、用户基线负荷计算、效益分类及效益评价。
ISO/IEC 15067—3	HES 能量管理系统模型	关于需求响应、分布式发电与储能等资源动态管理的系统模型。
ANSI/CEA—2045	用于能源管理的模块化通信接口	定义了住宅设备的模块化通信接口,支持与能源管理等应用的通信。
OpenADR 3.0	开放式自动需求响应	促进电力系统和用户之间自动化需求响应的通信协议标准。

附录 B

表 B-1 国内外代表性标准汇总

Table B-1 Domestic and international key standards for demand response

标准编号/名称	标准名称	标准简介	状态
ISO/WD 14067	温室气体-商品碳足迹-量化要求和指南	规定了量化和报告产品碳足迹的原则、要求和指南。	制定中
PAS 2080	建筑与基础设施中的碳管理	规定了建筑和基础设施全生命周期的碳管理要求,旨在通过整个价值链推动项目实现净零碳排放。	已发布
ISO/IEC 30134—8	数据中心的碳使用效率	规定了数据中心的碳排放量化标准,用于衡量数据中心对气候变化的影响,进而减少其整体能耗。	已发布
IEC 62443	工业自动化和控制系统网络安全	规定了自动化和控制系统中的技术安全问题,降低网络安全对系统的影响。	已发布
IEC/SC 8C	互连电力系统中的网络管理	发布了互联电力系统碳排放监测和评估标准的编制计划,旨在推动电网运行碳排放管理的标准化建设。	制定中
T/GZC 2—2025	《零碳产业园区评价技术规范》	规定了零碳产业园区评价的总体要求、评价流程、评价指标。	已发布