

综合能源服务标准体系需求分析及布局研究

徐澄莹¹, 杨勇波², 杨军¹, 李德智³, 钟鸣³, 苏学能², 金璐³, 朱旭^{1*}

(1. 武汉大学电气与自动化学院, 湖北省 武汉市 430072;

2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川省 成都市 610094;

3. 中国电力科学研究院有限公司, 北京市 海淀区 100192)

Demand Analysis and Layout of Integrated Energy Service Standard System

XU Chengying¹, YANG Yongbo², YANG Jun¹, LI Dezhi³, ZHONG Ming³, SU Xueneng², JIN Lu³, ZHU Xu^{1*}

(1. School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, Hubei Province, China;

2. Electric Power Research Institute, State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610094, Sichuan Province, China;

3. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China)

Abstract: The integrated energy service standard plays an important role in regulating the operation of its industry and guiding its orderly and healthy development. In order to solve the problems such as lack of data support for demand analysis, lack of theoretical guidance and forward-looking layout for framework construction, this paper conducts demand analysis of the integrated energy service standard system based on analytic hierarchy process, standard measurement method and standard literature research method. In this paper, the standard system construction method based on systems engineering is used to form the logical framework of integrated energy service standard construction, which contains five main system dimensions, including basic, business, information service, value-added service and support technology. The layout of the integrated energy service standard system with a more reasonable structure and more comprehensive connotation and category is designed, which provides an architectural reference for the formulation and planning of the new integrated energy service industry standard. It also provides guidance and planning suggestions for the healthy and orderly development and standardization of the integrated energy service standard industry, accelerates the improvement of the integrated energy service market mechanism and the maturity of market subjects, and comprehensively improves the integrated energy public service and market-oriented service level.

Keywords: integrated energy services; standard system; demand analysis; standard layout

摘 要: 综合能源服务标准对规范综合能源服务行业运营, 指导行业有序健康发展起着至关重要的作用。为解决目前综合能源服务标准体系需求分析缺少数据支撑、框架建设缺乏理论指导和前瞻布局等问题, 基于层次分析法、标准计量法以及标准文献调研法, 进行综合能源服务标准体系需求分析, 进一步利用基于系统工程学的标准体系构建方法形成了包含基础、业务、信息化服务、增值服务、支撑技术等5个主要体系维度的综合能源服务标准构建逻辑框架, 设计了结构更合理完善、内涵范畴更全面的综合能源服务标准体系布局。综合能源服务标准体系的布局方案能够对综合能源服务行业新标准的制定和规划提供架构性参考, 也为综合能源服务标准行业的健康有序发展和规范化提供了指导和规划建议, 有利于推动综合能源服务市场机制的完善与市场主体的成熟, 以全面提升综合能源公共服务和市场化服务水平。

关键词: 综合能源服务; 标准体系; 需求分析; 标准布局

0 引言

随着电力等能耗的不断增长, 社会对用能结构优化的需求也变得日益迫切^[1-3]。综合能源服务对系统用能效率提升、新能源消纳具有重要作用, 为了实现“双碳”目标, 大力发展综合能源服务是一大关键^[4]。综合能源服务标准体系的建立, 对综合能源服务行业的有序健康发展及规范化进程发挥着指导性的作用。然而目前综合能源相关标准缺乏完整体系的现状阻碍了综合能源服务行业标准建设的进展。

在综合能源服务标准化进程方面, 当前国际标准化组织尚未提出综合能源系统及其服务的标准架构^[5];

基金项目: 国家电网公司科技项目(5400-202155155A-0-0-00)。

Science and Technology Foundation of SGCC (5400-202155155A-0-0-00)。

IEC (International Electrotechnical Commission) 发布的智能电网核心标准^[6]具有一定借鉴价值,然而仍然存在相关标准缺失、内容规范冲突等问题,难以满足综合能源服务标准体系的需求。综合能源服务标准仅在传统单一能源领域较为成熟^[7],在多能集成、增值服务、能源交易等新兴行业领域缺少标准规范,同时各能源领域内的基础规范尚未达成统一^[8-10],难以进行统筹规划。

在标准体系布局方法研究方面,文献[11]提出了新智能电网的分层架构、概念模型以及总体框架。文献[12]针对特高压、智能电网和清洁能源领域,提出了国际化GEI (global energy interconnection) 标准体系构建的方法论。文献[13]提出能源互联网商业模式与业务评价标准体系。文献[14-16]提供了标准体系构建的方法论,但未具体构建能源相关标准体系。总体上综合能源服务缺乏理论指导下构建的标准体系。

综上所述,针对目前分散、零乱的综合能源服务相关标准现状,本文进行了系统性的需求分析及布局研究:针对需求分析缺少数据支撑的问题,本文基于计量学的层次分析法、标准计量法、标准文献调研法等科学手段,进行现有标准分布数据量化的需求分析;针对现存体系架构缺乏理论基础的问题,本文在系统工程学的理论指导下,综合使用系统工程六维模型、工作分解结构、平行分解法、属种划分法,构建了更科学全面的综合能源服务标准体系及前瞻布局。

1 基于文献计量学的综合能源服务标准体系需求分析

1.1 分析标准对象及方法

本文以国内综合能源服务相关标准为研究对象^[17-19],采用如下研究方法^[20]。

1) 层次分析法:对综合能源服务标准的层级分布及其数量进行分析。

2) 标准计量法:统计分析标准的类别、国籍、起止时间、有效性等属性参数,从而得出综合能源服务标准生效时间、类别、技术行业分布情况等信息。

3) 标准文献调研法:对标准具体内容,以及要构建目标体系的关联性等做出分析和判断。

1.2 综合能源服务现有标准情况分析

1.2.1 标准层级定量数据分布情况

目前专门为综合能源系统设计提出的标准仅有国

标3项、地标1项、团标1项。其余强相关标准皆为现存能源设施、输配电网、能源技术、设备要求、能源市场等标准。

如图1所示,现有综合能源标准群中共有76项标准,包含国标22项,地标16项,团标12项,行标24项,其他标准2项。标准层级中,行业标准占比31.6%,在电力行业各种能源领域已经存在极大数量的标准规范,但它们自为一体,相互有交叉、重复、矛盾之处,需要后期整合与挑选。其次是占比28.9%的国家标准,这是由于目前综合能源服务尚未在地方上广泛普及,多数具有统一规划的综合能源标准还停留在国家层面。占比21%的地标中,内容较为单一、重复率较高。由于综合能源服务业务目前投入实际运营的项目较少,未能支撑相关标准的产出。

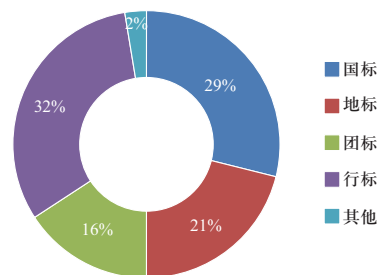


图1 标准层级构成

Fig. 1 Standard hierarchy

1.2.2 标准有效时间定量数据分布情况

由图2可知,综合能源服务相关标准的发展在2003—2012年处于缓慢起步阶段,每年仅有不到2项标准被提出。自2015年来,综合能源服务标准迎来了发展快速时期,近两年新标准的制修订发展进度增速明显。这既表明中国综合能源服务行业处于起步阶段,各项标准都存在空缺与不足,也同时显示出综合能源服务标准将会迎来发展高峰期,正需要一个兼顾

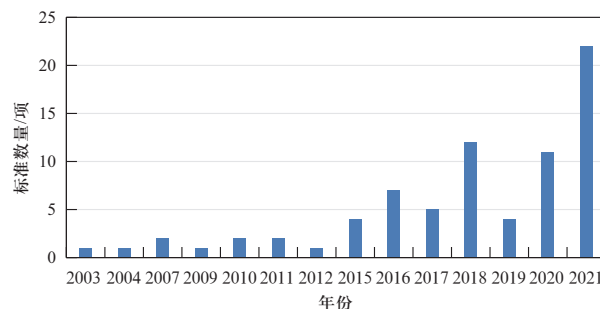


图2 标准生效时间

Fig. 2 Effective date of standard

全局、结构完善的标准体系框架和布局规划,指导新标准制定。

1.2.3 标准类别定量数据分布情况

按照综合能源服务标准内容将其分为5大类,标准数量分布情况如图3所示。

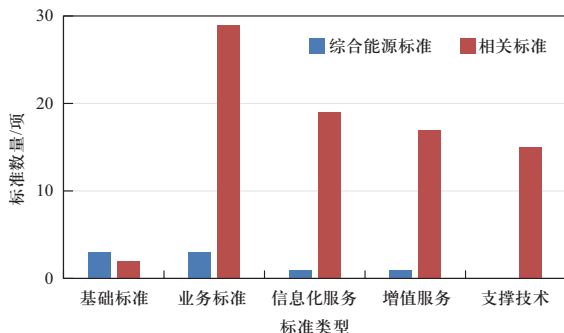


图3 标准大类分布情况

Fig. 3 Distribution of standard class

5类参考标准中基础标准较少,而业务标准、信息化服务、增值服务和支撑技术参考标准较多,这是由于前者对标准内容中与综合能源系统的相关性要求更高,难以在电力等其他类似标准中找到可以参考的部分。而后4项内容可以在已有的工业园区建设运维、大数据、电力交易、智能应用、其他能源标准等内容中得到参考。具体各类标准中参考标准数量统计如下。

由于综合能源基础标准针对性较强,目前较为欠缺。根据图4所展示的业务标准分布情况进行分析可知涉及综合能源系统设计建设的标准较多,此类标准可以借鉴现有工业园区、小型电力系统的建设与规划标准。关于综合能源系统运营和运维的内容较难在其他相似系统中找到参照。目前存在的与综合能源系统验收评价相关的标准很少,基本是关于电站、工业园区具体装置的检验,内容过于散乱,与综合能源系统的相关度极低,无法归入综合能源服务体系。

信息化服务分布情况如图5所示,平台标准主要可参考智慧城市服务平台的内容框架;终端标准中关于能源控制、用能监测和电力营销的标准都有一定现有标准;综合能源服务智能应用主要可采纳现有的智能家居、智能配电控制标准。然而,现有试验检测标准基本都是计算机监控系统标准,内容较为重复且难以直接应用于综合能源服务中。现有的优化用能标准仅有能源监测管理相关内容,缺少用户侧用能套餐选择等标准。

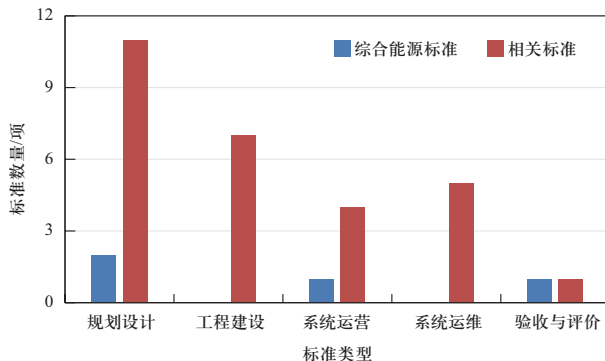


图4 业务标准分布情况

Fig. 4 Distribution of business standard

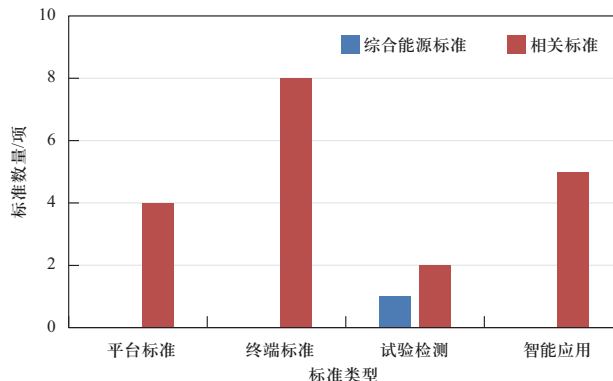


图5 信息化服务标准分布情况

Fig. 5 Distribution of information service standard

图6所示增值服务方面,综合能源服务供需互动与金融交易数量较多,可以参考现有的电力系统需求响应与电力市场交易标准。然而依然缺少综合能源项目碳资产、综合能源服务项目证券化、绿证交易相关内容。

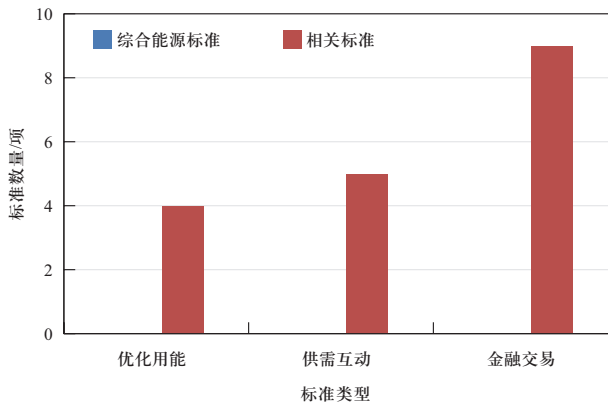


图6 增值服务标准分布情况

Fig. 6 Distribution of value-added service standard

现有支撑技术标准分布情况如图7所示,多能集成标准主要内容为多能源互补技术标准,而能源供应则是集合了各种类能源生产相关标准,主要涉及到生物质能、光伏、火电、电化学等领域。

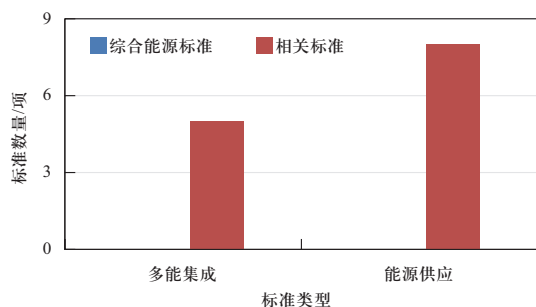


图7 支撑技术标准分布情况

Fig. 7 Distribution of supporting technical standards

1.2.4 标准行业领域定量数据分布情况

如图8所示,目前存在的标准大多属于电力行业。在能源方面,电力属于传统行业,发展时间较为久远,标准化的进程较其他新兴行业更为成熟。其次为能源行业,即近阶段国家大力推广的清洁能源、分布式新能源等其他能源生产、分配等一系列的规范化标准。极少数综合能源服务配套设施规划建设方面的标准仅属于建筑行业。

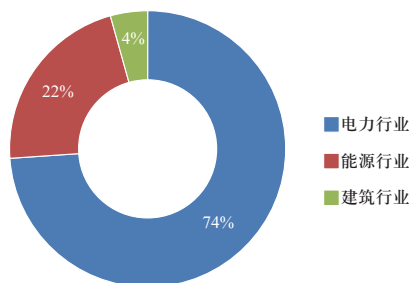


图8 行业标准构成

Fig. 8 Industry distribution of standard

综上所述,现有标准的行业分布较为集中,这表明了下一步拓展综合能源服务标准行业覆盖面的必要性。

1.3 综合能源服务标准体系需求分析小结

从层级角度看,目前标准大多处于国家层级,下级标准较少,重复、交叉内容较多,缺乏统一规划。从生效时间角度看,标准生效的年份集中在2018—2021年,综合能源服务行业在标准化方面不成熟、有待进一步发展。从类别角度看,业务标准数量较多、发展较为成熟,系统工程验收与评价、信息化服务的试验检测标准以及增值服务中的优化用能标准极为缺失。从行业角度看,目前的综合能源标准群多为基于传统电力行业、工业园区与电力市场的相关标准,如

规划建设、能源供应等;而缺少面向客户的相关标准,如平台终端服务、优化套餐选择等。

2 基于系统工程学的综合能源服务标准体系架构设计

2.1 标准体系构建方法

在系统工程学标准化方法中综合选用以下4种方法:①标准化系统工程六维模型:用于确定标准类别和子体系级别,将霍尔三维结构扩充为六个维度,分别从时间(规划→废止)、逻辑(发现问题→实时计划)、条件(人才、资金等)、级别(国际→团体)、性质(管理、经济、技术)、对象(基础、方法、工作、产品)六个方向对标准精确定位^[21]。②工作分解结构:多用于总量庞杂,需要厘清层次、使结构清晰的项目,对复杂的对象进行自上而下逐步细化的层次分解,通过逐层,分解使其结构成为标准的体系结构。③平行分解法:将已有上下层级结构的体系进行平行划分,以此扩充构建完整的标准体系框架。④属种(过程)划分法:适合专业性强的技术标准领域,通过标准所属的业务领域、技术专业方向的特征规律进行标准体系的设计。

2.2 标准体系构建原则与流程

2.2.1 整体化系统工程构建原则

以文献[14-15]所介绍的系统工程学理念为基础,本文构建综合能源服务标准体系时,始终从整体的视角进行布局,将设计出一个有机的、不断发展的整体作为原则。综合全局考虑设计的内外部要素,将标准设计目标对象、相关行业标准体系等外部要素与标准子类、具体内容等内部要素之间的交互关系和各子体系之间的影响进行统一兼顾的考虑。使设计出的综合能源服务标准体系上下层级与平行关系之间都环环相扣,具有紧密的逻辑对应关系。

2.2.2 综合能源服务标准体系构建流程

将综合能源服务标准体系的设计过程视为一项工程项目,则以工程研制的视角可以将设计流程分为以下5个步骤:①要求定义:确定标准体系建设目标,根据收集分析行业发展现状、标准化现状以及相关文件规定的建设依据,对体系应包含的内容范畴、专业领域等指标做出计划规定。②需求分析:调研现存体系的内容、业务涵盖面、适用性等现状,将其与目标进行对比,发掘两者差距,得出标准需求,以此指导

标准体系构建下一步的进行。③产品设计：对照体系建立原则、目标、以及需求，进行顶层设计构建标准体系大框架，进而细化具体结构层级设计。④产品实现：确定子类所在子体系、子类名称及其内容。将体系内各板块的级别、类别进行划分，并归入不同子类。⑤产品验证：在综合能源服务体系建立完成后，不断根据体系需求的改变而优化、修正体系框架。

本次综合能源服务标准体系设计流程与方法对应如图9所示。在顶层设计中，综合工作分解结构和平行分解法进行标准体系大框架设计；在结构分层设计中根据标准内容特点选择属种划分法进行细节构建；最后选用标准化系统工程六维模型进行标准子类及标准系列设计，以避免标准体系中各子类的级别、类别、内容出现重复交叉的现象。

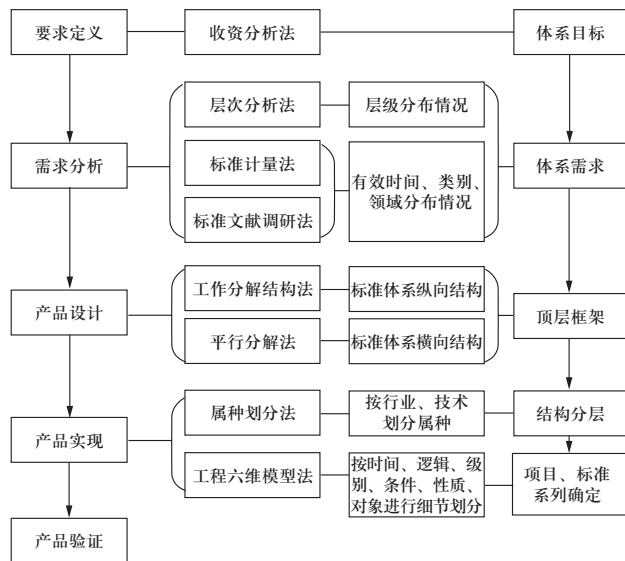


图9 流程方法对应图

Fig. 9 Correspondence between process and method

2.3 体系顶层框架设计

综合能源服务标准体系的总体架构由“1个标准体系、5个子体系、15个子类、56个标准系列以及若干具体标准”组成。这样的架构既简洁实用，也利于日后根据实际执行情况和市场变化进行拓展和完善。

如图10所示，结合目前市场化、信息化的能源市场发展特点，本文提出的标准体系总体框架的子体系，在已有研究基础^[7]上增加了信息化服务与增值服务，总结共5个子体系。标准共提出15个子类，结合当前综合能源服务发展需要，在业务子体系中增加了验收与评价子类；将增值服务子类单独开辟为1个子



图10 标准体系总体架构

Fig. 10 Overall architecture of the standard system

体系，内涵优化用能、供需互动和金融交易3个子类；将平台技术纳入新增的信息化服务子体系内，并新增了终端标准、试验检测和智能应用子类。总体框架中提出了56个标准系列，极大的扩充了旧标准体系的涵盖面，并将这些标准系列更加合理的归入相应的子类内。

2.4 标准结构分层设计

如图11所示，本文根据综合能源服务生产实际与标准构成，将传统“物理、信息、商业”的分层方法进行改进。将综合能源服务标准按照层级分为运营、能源、支撑三个相互依存的层面，将信息技术与其他技术归为支撑层，将商业标准与其他运维运营等业务归纳为运营层。综合能源服务的生产工作从能源产生到能源系统运营运维到最后的购售、增值金融服务，而各项关键支撑技术则贯穿各流程始终，由能源层作

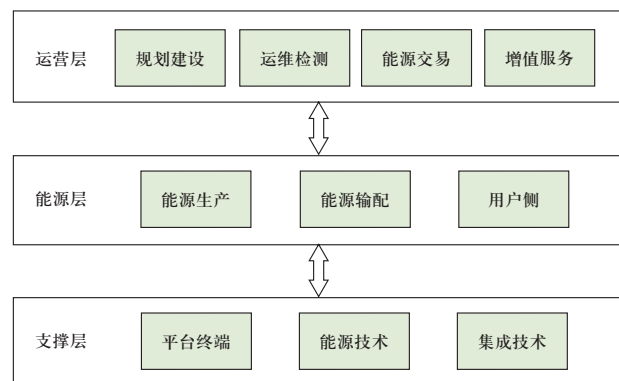


图11 结构分层设计图

Fig. 11 Structural stratification design

为媒介,运营层与支撑层都与其进行着资源、信息等交互。

运营层面涵盖内容有:规划建设、运维检测、能源交易、增值服务;电力层包含:能源生产、能源输配、用户侧;支撑层的组成有:平台终端、能源技术、集成技术。通过从三个层面角度进行概括,将综合能源服务标准体系内所需涵盖的专业领域全部纳入其中,从而形成完整的综合能源服务标准体系分层架构设计。

3 综合能源服务标准体系布局方案

本节将展示经过子类、标准系列的细化设计后,最终呈现的综合能源服务标准体系布局方案(简略图),如图12所示。综合能源服务标准体系详细图见附录A。

1) 基础标准子体系。

基础标准子体系为综合能源服务标准提供通用性条款和规范支撑,组成部分包括综合能源服务总则、术语、图形标准、命名规则以及安全与环保等方面相关标准。

2) 业务标准子体系。

规划设计子类在综合能源规划建设阶段对建设目标的资源负荷条件分析、勘察规划设计方法选择和具体执行做出规范,是提升综合能源系统整体能效的标准尺度和关键支撑,包括综合能源系统资源估计与负荷分析、综合能源系统勘察、综合能源系统规划、综合能源系统设计等领域的相关标准。

工程建设子类是在综合能源工程投入建设后,对工程建设工作和设备安装配置工作的执行做出规范,包括综合能源系统工程建设实施、综合能源系统设备建设安装等工作相关的标准。

系统运营子类意在指导综合能源系统实现能源灵

活转换,制定合理计划满足系统内不同负荷对能源种类、能源质量的需求,该子体系由综合能源系统能量管理运营、综合能源系统运行控制、综合能源系统能源梯级利用等领域的相关标准组成。

系统运维子类为保证综合能源系统安全运行、可靠供能提供支持,组成包括综合能源系统运维检修、综合能源系统故障诊断两部分的相关标准。

验收与评价子类对综合能源系统规划建设成果以及运行过程的评判工作做出规范,对检验工程建设、运行情况有重要意义。其组成包括综合能源系统规划设计评价、综合能源系统设备调试、综合能源系统工程验收、综合能源能效与碳排放测评、综合能源系统建设成效评估等。

3) 信息化服务子体系。

平台标准子类是综合能源服务信息化、智能化管理的平台建设基础,是实现综合能源系统多方信息交互,深入开展多能源数据监测分析的重要保障,包括综合能源系统运行管控平台、综合能源系统交易与服务平台、综合能源系仿真平台、综合能源系统信息安全、综合能源信息系统接口、智能网关技术等技术领域的诸多标准。

终端标准子类为客户提供智能调控、智能应用、交易预测、数据价值挖掘的服务提供技术保障,组成部分包括综合能源系统控制终端、综合能源量测终端、综合能源智能应用终端等用客户侧终端技术领域标准。

试验检测子类为综合能源信息平台 and 多种终端设备的可靠运行提供规范基础,该子类由综合能源系统平台调试、综合能源系统平台维护、综合能源系统终端调试和综合能源系统终端检测几部分标准组成。

智能应用子类为综合能源系统用能侧实现用能灵活管控提供技术支持,该子类由综合能源系统智慧用

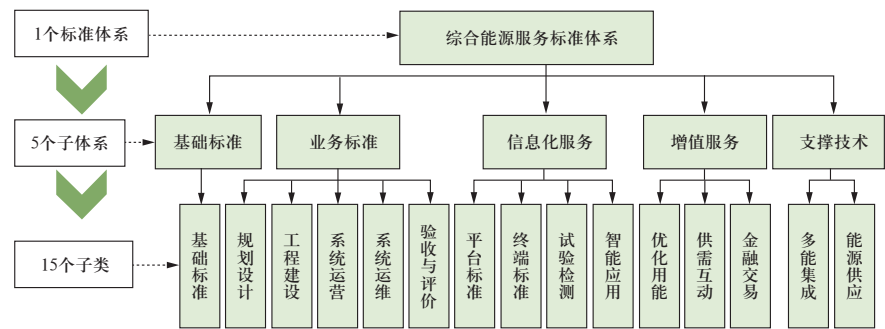


图 12 标准体系布局

Fig. 12 Standard system layout

能管理、智慧家居综合监控管理相关的产业技术标准构成。

4) 增值服务子体系。

优化用能子类是综合能源企业为园区、公共建筑、工业企业、农业农村、新兴高载能等多类用户提供高效、具有竞争力的定制化综合能源服务整体解决方案的依据。该子类包括综合能源供应与服务套餐设计、综合能源系统后评价、综合能源大数据服务、能源咨询服务等服务模式的相关标准。

供需互动子类为用户主动参与能源系统运行调节提供规范化的服务模式。各类用户与能源企业达成交易,由企业向用户让利,用户通过调节负荷参与能源系统优化调控。该子类的组成部分包括综合能源虚拟电厂、综合能源需求响应等。

金融交易子类为能源企业和用户的综合能源相关交易提供保障。该子类的组成部分包括综合能源项目碳资产、综合能源服务项目证券化、绿证交易、多能源交易等能源领域金融服务和交易过程的标准。

5) 支撑技术子体系。

多能集成子类为加强区域内多种能源供应系统耦合,实现多种能源系统协同、安全、稳定集成调控提供技术保障,包括多能系统集成、能量路由器等技术的相关标准。

能源供应子类为用户侧区域综合能源系统实现能源联产、多能互补互济、灵活转换、存储以及可控负荷灵活调节提供技术支持,包括分布式光伏、分布式风电、天然气热电联产技术、电化学储能技术、热储能技术、蓄冷技术、生物质能综合利用、电动汽车充放电、余热回收等技术的相关标准。

4 结论与展望

在能源革命逐步推进,综合能源服务行业初步兴起的背景下,综合能源服务行业各方面的标准化工作对行业的有序健康发展尤为重要。目前综合能源服务相关标准处于大量空缺、内容重复、交叉、相互冲突的不成熟阶段。在此情况下,本文提出了综合能源服务标准体系的布局构建,在理论体系建设、促进能源行业发展方面,达到了如下优化效果。

1) 将计量学方法应用于现存标准层级、生效时间、类别、行业等分布情况的定量统计与需求分析。发挥系统工程中4种方法各自优势,依据“整体、有机、发展”的原则,进行标准顶层框架、层级、结

构细节设计,形成了“1个标准体系、5个子体系、15个子类、56个标准系列以及若干具体标准”的完整逻辑框架,从而使体系建设更科学、具有理论优势。

2) 通过分析当前综合能源服务相关标准制定情况与标准需求,提出更加符合目前标准需求状况、结构更科学的标准体系布局,指导综合能源服务行业新标准的制定和规划,促进标准化工作的健康、有序推进。

3) 以完整、科学的综合能源服务标准体系架构和布局规划,推动综合能源服务行业发展,从而促进能源高效利用、降低能耗和碳排放,促进达成“双碳”发展目标。

参考文献

- [1] 周伏秋,邓良辰,冯升波,等.综合能源服务发展前景与趋势[J].中国能源,2019,41(1):4-7.
ZHOU Fuqiu, DENG Liangchen, FENG Shengbo, et al. Prospects and trends of comprehensive energy service development[J]. Energy of China, 2019, 41(1): 4-7(in Chinese).
- [2] 邹才能,何东博,贾成业,等.世界能源转型内涵、路径及其对碳中和的意义[J].石油学报,2021,42(2):233-247.
ZOU Caineng, HE Dongbo, JIA Chengye, et al. Connotation and pathway of world energy transition and its significance for carbon neutral[J]. Acta Petrolei Sinica, 2021, 42(2): 233-247(in Chinese).
- [3] 中国标准化研究院.全国团体标准信息平台[DB/OL]. [2021.06.20]. <http://www.ttbz.org.cn/>.
- [4] 张运洲,代红才,吴潇雨,等.中国综合能源服务发展趋势与关键问题[J].中国电力,2021,54(2):1-10.
ZHANG Yunzhou, DAI Hongcai, WU Xiaoyu, et al. Development trends and key issues of China's integrated energy services[J]. Electric Power, 2021, 54(2): 1-10(in Chinese).
- [5] 孙宏斌,郭庆来,潘昭光,等.能源互联网:驱动力、评述与展望[J].电网技术,2015,39(11):3005-3013.
SUN Hongbin, GUO Qinglai, PAN Zhaoguang, et al. Energy Internet: driving force, review and outlook[J]. Power System Technology, 2015, 39(11): 3005-3013(in Chinese).
- [6] 王宏,闫园,文福拴,等.国内外综合能源系统标准现状与展望[J].电力科学与技术学报,2019,34(3):3-12.
WANG Hong, YAN Yuan, WEN Fushuan, et al. Standards associated with integrated energy systems: current situation and research prospects[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2019, 34(3): 3-12(in Chinese).
- [7] 孟凡强,范莹,李娜,等.我国综合能源服务标准体系研究[J].中国标准化,2020(8):123-127.
MENG Fanqiang, FAN Ying, LI Na, et al. Research on China's integrated energy service standards system[J]. China Standardization, 2020(8): 123-127(in Chinese).

收稿日期: 2022-04-11; 修回日期: 2022-06-03。



徐澄莹

作者简介:

徐澄莹(1999), 女, 硕士研究生, 研究方向为综合能源系统优化调度。E-mail: 2021202070063@whu.edu.cn。

苏学能(1991), 男, 博士, 工程师, 研究方向为配电自动化, 并行计算, 机器学习。

杨军(1977), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统运行与控制, E-mail: JYang@whu.edu.cn。

朱旭(1994), 男, 博士研究生, 主要研究方向为综合能源系统优化调度。通信作者, E-mail: zxdq2013@126.com。

李德智(1982), 男, 硕士, 工程师, 从事智能用电、需求响应、能效管理方面的研究。

钟鸣(1970), 男, 硕士, 教授级高工, 从事综合能源与节能服务领域研究。

杨勇波(1976), 男, 博士, 教授级高工, 主要研究方向为综合能源服务、配网运行控制及保护。

金璐(1991), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为综合能源利用。

(责任编辑 张鹏)