

能源互联网的概念及发展模式

邓建玲

(中国华电集团公司,北京 100031)

摘要: 通过解析能源互联网的概念,分析了发展能源互联网的可行性,提出基于大数据与云计算、基于分布式能源的2种能源互联网模式将形成新的创新、新的业态,能够解决能源与环境的问题。基于大数据与云计算的大型能源互联网,是能源系统未来发展的远景目标,需要一个实现的过程;而基于分布式能源的微型能源互联网,更加符合当前电力系统发展实际,已经在我国具备一定的实践基础,并将成为当下能源系统发展的重点。

关键词: 能源互联网; 大数据; 云计算; 分布式能源

中图分类号: TM 7

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2016.03.001

0 引言

在漫长的人类历史长河中,人类文明经历了原始文明、农业文明、工业文明3个阶段。蒸汽机的发明、煤炭的开发利用,使人类社会进入工业文明。300年的工业文明以人类征服自然为主要特征,世界工业化的发展使征服自然的文化达到极致。但是,煤炭、石油等化石能源的高度开发利用,也导致了资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化、发展与人口资源环境之间的矛盾日益突出等一系列全球性的生态危机,需要开创一个新的文明形态来延续人类的生存,这就是“生态文明”。可以看出,人类社会文明发展史同能源的变革史紧密联系、不可分割,要促进生态文明建设,首先需要改变能源的开发利用方式,解决能源和环境问题。

能源与环境问题,是指能源的利用使人类物质生活不断得到改善的同时,却逐渐恶化了人类生存环境这一矛盾,它与高端制造业、互联网融合并称当今世界三大挑战。人类在谋求可持续发展的过程中必须解决好这个矛盾。实践证明,我国现有能源发展体系能源效率低下、结构问题突出,难以彻底解决能源与环境的问题。近年来,随着新能源和信息网络技术的迅速发展,一种新的能源发展体系得到普遍认可,为解决能源与环境问题提供了合理可行的途径,即能源互联网(Energy Internet)。

1 能源互联网的概念

能源互联网的概念最早由文献[1]于2004年提出,文中提出要借鉴互联网的特点,通过分布式微电网等方式,将传统电网转变为智能化的、具有快速响应和自愈能力的数字网络。美国国家科学基金资

助的FREEDM项目(即未来可再生电力能源传输与管理系统)^[2]建立了未来可再生能源发电和管理研究中心,研究可实现分布式设备即插即用的新一代电力系统,并以此作为能源互联网的原型。德国联邦经济技术部与环境部在智能电网的基础上推出E-Energy^[3],提出打造新型能源网络,在整个能源供应体系中实现综合数字化互联以及计算机控制和监测的目标,充分利用信息和通信技术开发新的解决方案,以满足未来以分布式能源供应结构为特点的电力系统的需求。美国学者Krause等于2011年提出了能源枢纽(energy hub)的概念^[4],称其为由能源转化设备和储能设备构成、能实现多种能源相互转化和存储的虚拟实体,可用于对包括发电厂、变电站、工厂、大型建筑、微电网等在内的各种物理实体的建模,可作为未来集成电力、天然气及其他能源形式的多能源网络系统的建模工具。美国学者杰里米·里夫金于2011年指出能源互联网应具有以下四大特征^[5]:①以可再生能源为主要一次能源;②支持超大规模分布式发电系统与分布式储能系统接入;③基于互联网技术实现广域能源共享;④支持交通系统由燃油汽车向电动汽车转变。

我国学者在西方国家研究的基础上,对能源互联网的概念提出了自己的见解。文献[6]认为能源互联网是综合运用先进的电力电子技术、信息技术和智能管理技术,将大量由分布式能量采集装置、分布式能量储存装置和各种类型负载构成的新型电力网络节点互联起来,以实现能量双向流动的能量对等交换与共享网络。文献[7]指出能源互联网是以互联网理念构建的新型信息-能源融合“广域网”,它以大电网为“主干网”,以微电网、分布式能源等能量自治单元为“局域网”,以开放对等的信息-能源一体化架构真正实现能源的双向按需传输和动态平衡使

用,因此可以最大限度地适应新能源的接入。文献[8]认为能源互联网是以电力系统为核心、以互联网及其他前沿信息技术为基础、以分布式可再生能源为主要一次能源,与天然气网络、交通网络等其他系统紧密耦合而形成的复杂多网流系统。国家电网公司提出“全球能源互联网”^[9],其理念是利用特高压技术,将全球的能源联系在一起。

从上述研究可以看出,能源互联网与电力系统有着不可分割的联系:能源互联网来源于智能电网(Smart Grid),是智能电网的升级版。智能电网是为了实现可再生能源及分布式能源友好接入、低碳发展、高效利用,在配电网低端电压等级的范畴内,用信息技术和控制技术使电力系统的发电端和用户端达到融合,推动电力系统低碳环保可持续发展。文献[8]指出,能源互联网与智能电网的区别在于物理实体、能量传输和使用形式、能量的消纳方式以及信息传递技术的不同。

综上所述,结合中国能源发展特别是电力系统发展实际,本文认为,能源互联网是以智能电网为基础,运用互联网思维,利用大数据与云计算技术,将电力系统硬资产与软资产相融合,支持传统发电机组、分布式能源的友好接入、智能管理,建立信息平台 and 虚拟电厂,创新能源、金融服务营销体系,实现绿色低碳、经济高效、开放对等的多种能源互补的能源网络。

2 发展能源互联网的可行性

从能源互联网的概念可以看出,能源互联网遵循事物发展的客观规律,符合“3E”评判标准;同时,能够大幅度地提高能源效率,根本解决发电系统的“三性”问题。

2.1 遵循客观规律,符合“3E”评判标准

一个新生事物是否能够具有长久生命力并被认可,必须符合历史唯物主义和辩证唯物主义发展规律。在此提出“3E”标准来进行判断,即效率(Efficiency)、经济(Economy)和环保(Environmental)。效率指给定投入,对经济资源能带来最大可能性的满足程度的利用,即要达到高效率;经济是生产或生活上的节约、节俭,用最少的投入获取最大的收益,即要符合经济性;环保指能够降低对环境的污染,提高环境质量,即要符合环境友好。“3E”标准说明事物只有同时符合高效率、经济性、环保性3个标准,才是符合历史唯物主义和辩证唯物主义发展规律的,才能具有长久的生命力。

能源互联网通过利用大数据与云计算技术,将

电力系统硬资产与软资产相融合,能够极大提高电力资产的应用效率,符合高效率的标准;支持传统发电机组、分布式能源的友好接入和智能管理,建立信息共享平台和虚拟电量银行,创新能源、金融服务营销体系,能够大幅度降低生产成本、提高经济效益,符合经济性的标准;同时,提供多种清洁、低碳的能源产品,符合环保性的标准。因此,能源互联网能够提高效率、降低成本、减少排放,完全符合“3E”标准,是能源体系进一步发展的必由之路。

2.2 大幅度提高能源效率

发电系统的厂房、设备资产通常被称为硬资产,我国现有的发电系统硬资产已经具备相当规模。到2014年底,发电装机容量达到 1.36×10^9 kW,居世界第一。但是,发电产品单一、转换效率低下,一直影响着发电系统的整体能效。而我国大型燃煤电站已经全部采用DCS控制系统,配置了SIS和MIS系统,并通过数据网络与发电集团总部联接,形成庞大的发电系统软资产。但是目前各发电集团对于软资产的开发利用十分有限,功能单一、效率低下。

如果能将软资产结合应用,通过数据分析与计算,提高决策能力、提升管理效率,将极大提高发电机组能效。同时,信息技术、发电技术融合而形成的智能管理,将能更合理地调度发电机组,提高发电机组利用小时数,减少能源浪费,提高能源效率。另外,分布式能源的友好接入,冷源、热源、电力、水力等多种能源的供应,能大幅度提高能源的转换效率。因此,能源互联网是提高能源效率的必要手段。

2.3 根本解决发电系统“三性”问题

发电系统在发展过程中,始终有“三性”问题未能解决,特别是新的电力体制改革后,发电行业即将形成完全竞争市场,解决“三性”问题对于发电企业而言成为重中之重。一是“为民性”,即如何实现以客户为中心,随时随地为客户服务;二是“开放性”,即发电企业与客户信息不对称、不开放,难以有效传递;三是“互动性”,也可称为“参与性”,即发电企业与客户之间的互动不通、沟通不畅、参与不强。

“三性”问题主要是发电企业与客户之间的信息交流、沟通服务存在障碍,其关键在于没有一个交流和沟通的平台。基于大数据与云计算的能源互联网,融合协调了发电系统中的硬资产与软资产,可以开发出信息共享平台以及虚拟电量银行,通过共享平台使得企业与客户之间能够进行信息的充分交流与沟通,虚拟电量银行让客户及时了解企业的生产经营状况,从而可以及时了解、互联互动、相互选择,真正实现按需营销、供需共赢、提高能效的目标,从根本上解决“三性”问题。

3 能源互联网的发展模式

从当前能源互联网的研究、实践来看,普遍认为有 3 种模式。其一是全球能源互联网,根据能源互联网的概念及“3E”标准来判断,全球能源互联网并不完全符合效率性、经济性、环保性的标准,对信息技术的高端运用也不够多,可以认为是全球电网的物理互联。本文认为,能源互联网以下述 2 种模式为主。

3.1 基于大数据和云计算的能源互联网模式

现有发电集团一般由基层发电企业和集团总部构成。发电企业,包括传统能源、新能源企业,拥有巨额投资的发电设备等硬资产,通过 DCS、MIS 等控制系统,将硬资产联接成系列化模块,产生巨大的生产、经营、技术数据,构成源头生成、数据采集、互联互通的数据模式和数据结构,这些集成的数据结构又通过互联网与集团总部相连。但是,这些海量的基础数据,仅仅用于数据生成和生产监视,造成大量信息数据的浪费;同时硬资产的应用效率低下,造成能源效率水平较低,难以实现和创造新的价值。能源企业(包括电网公司)都存在这样的问题。

如何对这些硬资产、软资产加以分析、利用,通过软资产管理提高能源效率,实现向客户开放、向市场开放,创造新的生产模式、营销模式,创造出新的价值,是能源互联网要解决的关键问题。基于大数据和云计算的能源互联网模式,将通过数据分析,为发电集团提供决策依据,提高管理和生产效率,降低能耗水平;为发电企业和用电客户提供一个广阔的、开放的信息平台,使双方能够在平台上共享各种信息;建设虚拟电厂和电量银行,通过企业与客户互相选择,提供网络营销和金融服务,提高发电机组利用小时,提升能效与效益,改变生产模式,产生新业态。

如图 1 所示,基于大数据和云计算的能源互联网,由政府、发电集团总部、基层发电企业、客户四大主体和信息平台、虚拟电厂、决策体系三大信息系统构成,而构成整个网络系统的基础是大数据与云计算

算的应用。发电企业的软资产经过大数据分析 with 云计算,通过互联网形成信息平台 and 虚拟电厂。信息平台可以为客户提供电力生产、经营信息,供客户了解不同区域、不同时段的电量水平、发电能力、电力价格等供给信息;同时,客户将当地电网负荷、电网运行方式、竞价准则、辅助服务等市场需求信息反馈至信息平台,从而形成发电市场供给与需求的信息共享平台。信息共享平台又将市场供需情况提供给政府,作为政府制定各项政策的参考,用以引导发电集团和监管用电客户。虚拟电厂是将电厂的建设、生产、运营等情况进行网络实时模拟,并且可以通过网络进行远程监控、操作、维护、维修;同时,虚拟电厂通过模拟生产出来的电量,可以经网络向客户提供,由客户通过网络进行预订、选购,必要时可以存储在虚拟电厂之中,当需要时在现实生产中提取,形成虚拟电量银行。信息平台、虚拟电厂通过与政府、客户的共享、互动,形成一套完整的决策体系,供集团总部用于管理决策,用以指导发电企业生产、发展及管理。

基于大数据与云计算的能源互联网,形成一种崭新的互联网经营模式,能够充分利用目前发电企业庞大的软资产,挖掘现有硬资产的巨大潜力,大幅度提高能源企业的能源效率,为能源企业创造新的价值。其颠覆了能源行业传统的行业结构、市场环境、商业模式、技术体系和管理体制,利用互联网理念,构建一个新型的信息物理社会能源融合的网络,强调“自由多边、广泛参与、信息对称、用户体验”的互联网思维,通过改变能源生产、传输和消费模式,从根本上解决能源效率低下、电力市场竞争的问题,真正向客户提供多元化的产品和服务,实现以客户为中心的目的。同时,能有效避免出现盲目投资、资源浪费、效率低下和污染排放等问题,产生新的业态,创造新的商业模式,形成新的业务板块。

3.2 基于分布式能源的能源互联网模式

基于大数据和云计算的能源互联网模式可以称为大型能源互联网,与之相对应,以分布式能源为中心、实现多能源互供的能源供应体系是一种更加符合目前发电集团实际的微型能源互联网模式。基于分布式能源的能源互联网,是以分布式能源为核心,以电网、气网、水网、热网、冷网为架构,利用互联网将能源技术与金融技术相融合,向客户提供多元化产品的微型能源互联网体系,作为大型能源互联网的重要补充。分布式能源不是狭义上的天然气冷、热、电三联供系统,而是位于用户侧,将各种清洁能源和可再生能源转化为用户所需的二次能源和其他能源产品的一种生产形式。与传统的集中发电相

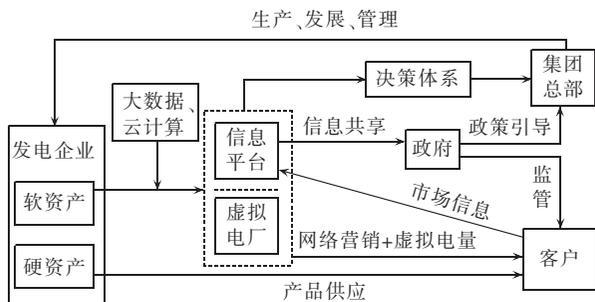


图 1 基于大数据、云计算的能源互联网模式

Fig.1 Energy internet mode based on mass data & cloud computing

比,分布式能源具有安全、经济、低碳、便捷 4 个主要特征,便捷包含便宜和方便 2 层意思。现阶段,分布式能源作为集中式发电和大电网的有效补充,可以利用与大电网互补互助的关系,来实现发电系统的稳定发展。

基于分布式能源的能源互联网,主要应用于工业园区、智能楼宇、智能工厂等场所,能够根据楼宇式和区域式能源负荷点的不同负荷特性来设计不同的服务产品,根据不同的负荷需求来构建中心能源站和中心能源系统。能源技术和金融技术服务的结合,以打包的方式通过互联网向用户提供最佳的能源产品组合及金融资金结算,从而使用户体验到节省、舒适的综合性能能源服务;这将成为分布式能源未来发展的必然趋势,也是发电企业转型升级的必要手段。

基于分布式能源的能源互联网模式,通过多种能源供给组合,能够大幅度提高能源转换效率,可以大量节约能源、减少排放、提升效益,无论是对我国相对发达地区的经济发展,还是对目前正在开展的城镇化建设,都具有重要的现实意义和应用价值。随着环保标准的日趋苛刻,化石燃料发电所占比重的进一步减少,基于分布式能源的微型能源互联网将得到飞速发展。

4 基于分布式能源的能源互联网实践

基于大数据与云计算的能源互联网,是“互联网+能源”的发展趋势,是发电系统的未来目标。而当前,与发电集团结合更为紧密、更为实际的是基于分布式能源的能源互联网,并已具备了一定的实践基础。

以中国华电集团为例,截至 2015 年 12 月,中国华电集团共投产 10 个分布式能源站,分布于北京、上海、广东等区域,应用于工业园区、智能楼宇、新型城镇等场所,装机容量共计 599.6 MW,形成了冷、热、电等多能供给的微型能源互联网;另有 1142 MW 的分布式能源站正在建设或待开工建设。

其中,已经投产的上海莘庄工业区分布式能源站一期建有 2 台 60 MW 级燃气-蒸汽联合循环供热机组、溴化锂机组、燃气真空锅炉,为莘庄工业区提供热、电、冷等产品服务,能源综合利用效率可达 80%。该项目应用了中国华电集团研究开发的智能设计优化工具和智能运行决策优化系统(iDOS 系统),实现了微型能源互联网的理念。该项目解决了附近地区用电需求,为工业园区内的企业提供热源、冷源,降低能源结构中的耗煤比重,减少环境污染,

符合上海以环境友好方式利用资源、保护环境、调整能源结构、提高能源效率和走绿色可持续发展道路的要求。据计算,该项目每年可减少燃煤量 41 850 t(发热量按 20 910 kJ/kg 折算),SO₂ 排放量约 250 t,烟尘排放量约 4 160 t,NO_x 排放量约 30.8 t。项目的实施不仅节约了能源,同时有效地改善了该区域环境空气质量,具有良好的社会效益和环境效益。

另外,中国华电集团正在建设的天津北辰新区分布式能源站,装机容量为 120 MW。该能源站采用微电网供电模式,能够为热网提供热水和采暖,为冷网提供冷源,为气网提供天然气,同时还能提供纯净水,并具有废水处理的功能。与此同时,该能源站正在与相关单位合作,计划将互联网金融和相应的技术服务引入该分布式能源站中,创造出新的服务营销模式。

中国华电集团近年来在基于分布式能源的能源互联网的创新、实践,是我国分布式微型能源互联网发展的一个缩影,也是推动大型能源互联网发展的接入口,将极大地促进我国能源互联网的快速发展。

5 结论与展望

近几年来,我国生态环境愈加恶化,雾霾丛生、污染严重,能源与环境之间的矛盾日益突出,现有能源发展体系难以彻底解决这个问题。多个国家通过对能源发展体系的研究发现,以互联网技术和能源技术相结合的能源互联网,可以从根本上解决能源与环境的问题。能源互联网的发展,将推动发电集团进一步适应供给侧改革,成为服务于客户的综合能源供应商;同时有利于发电企业存量资产价值提升,将余热、废水和垃圾高效处理,形成服务社会、多元化能源供应的生态友好型公共企业。

本文通过解析能源互联网的概念,分析了发展能源互联网的可行性,并提出基于大数据与云计算以及基于分布式能源的 2 种能源互联网模式。基于大数据与云计算的大型能源互联网,是能源系统未来发展的目标,需要一个发展实现的过程;而基于分布式能源的微型能源互联网,更加符合当前电力系统发展实际,已经在我国有了一定的实践基础,将成为当下能源系统发展的重点。未来,能源互联网将成为能源行业在“互联网+”时代的必然趋势,形成新增长、新创新、新业态。

参考文献:

- [1] Building the energy internet[EB/OL]. [2016-01-20]. <http://www.economist.com/node/2476988>.
- [2] HUANG A Q, CROW M L, HEYDT G T, et al. The Future Re-

- newable Electric Energy Delivery and Management (FREEDM) system;the energy internet[J]. Proceedings of the IEEE,2011,99(1):133-148.
- [3] Federal ministry of economics and energy of Germany[EB/OL]. (2013-06-26) [2016-01-20]. <http://www.e-energy.de/en/index.php>.
- [4] KRAUSE T,ANDERSSON G,FROHLICH K,et al. Multiple-energy carriers:modeling of production,delivery,and consumption [J]. Proceedings of the IEEE,2011,99(1):15-27.
- [5] 杰里米·里夫金. 第三次工业革命[M]. 张体伟,译. 北京:中信出版社,2011.
- [6] 查亚兵,张涛,黄卓,等. 能源互联网关键技术分析[J]. 中国科学:信息科学,2014,44(6):702-713.
ZHA Yabing,ZHANG Tao,HUANG Zhuo,et al. Analysis of energy internet key technologies[J]. Scientia Sinica Informationis, 2014,44(6):702-713.
- [7] 曹军威,孟坤,王继业,等. 能源互联网与能源路由器[J]. 中国科学:信息科学,2014,44(6):714-727.
CAO Junwei,MENG Kun,WANG Jiye,et al. An energy internet and energy routers[J]. Scientia Sinica Informationis,2014,44(6): 714-727.
- [8] 董朝阳,赵俊华,文福拴,等. 从智能电网到能源互联网:基本概念与研究框架[J]. 电力系统自动化,2014,38(15):1-11.
DONG Zhaoyang,ZHAO Junhua,WEN Fushuan,et al. From smart grid to energy internet:basic concept and research framework[J]. Automation of Electric Power Systems,2014,38(15):1-11.
- [9] 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京:中国电力出版社,2015.

作者简介:



邓建玲(1965—),男,湖南郴州人,教授高级工程师,主要研究方向为热能动力工程、能源创新管理。

Concept of energy internet and its development modes

DENG Jianling

(China Huadian Corporation, Beijing 100031, China)

Abstract: The feasibility of energy internet development is analyzed by resolving the concept of energy internet and it is put forward that,two energy internet modes,i.e. energy internet based on mass data & cloud computing and energy internet based on distributed energy sources,will become new innovation and new business form,which may solve the problems of energy source and environment. The large-scale energy internet based on the mass data & cloud computing is the far-reaching target of future energy system development,which needs an implementation process,while the micro-energy internet based on the distributed energy sources more accords with the practices of present electric power system development,which has a certain practical basis in China and will become the emphasis of present energy system development.

Key words: energy internet; mass data; cloud computing; distributed energy sources