关于电力能效统筹机制与发展前景的思考

文/武志宏[1] 陈扬波[1] 王薇蓉[1] 王 剑[2] 饶 尧[2]
1. 国网山西省电力公司；2. 国网电力科学研究院武汉能效测评有限公司

电力能效管理是一种提高电力系统生产和运行水平的重要辅助手段，从我国电力能效发展现状、管理手段、电网建设滞后、电力市场机制不完善和关键技术落后等问题出发，从政府端、企业端和市场端三个层面，提出对电力能效未来发展前景的思考，有助于进一步推进电力能效走创新发展的道路。

我国是全球第二大电力国家，2021年电力总用电量超8.6万亿kW·h，电力消费量同比增长10.3%，能源结构正逐步向天然气、水、核、风、光等清洁能源方向发展。尽管如此，由于电力供电系统运行过程复杂、能耗大及整体装机容量需求大，电力系统中发电、输电、变电、配电和用电等环节运行的发电机、电动机、变压器和输电线路等设备存在大量的电力消耗，影响电网效率的同时，对电力系统的稳定性和安全性也存在巨大威胁。因此，电力能效管理作为一种提升电力系统生产和运行水平的重要辅助手段，既能帮助缓解能源供需间的紧张关系，也是顺应当前“双碳”目标下节能减排趋势的必然选择。2015年，我国颁布《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》，为我国新一轮的电力体制改革提供了基本指导方向。我国电力能效发展与发达国家之间在管理手段、电网建设、市场机制、企业主体建设、电力能源结构和电煤质量等方面仍有一定差距。

电力能效概述

电力能效是指电力系统在发电、输电、变电、配电和用电过程中，以系统宏观的思维，采用物联网、人工智能等集成的现代技术，通过建设完善的保障机制，保障电力系统规划、运行和监督等全过程运行稳定，以实现经济效益、社会效益和环境效益最大化的统筹方式。从电力能效技术水平来看，我国电力能效和世界先进水平还有一定差距。2010年，美国、德国和日本电网的综合线损率分别是5.0%、3.6%、2.89%，而我国在2012年综合线损率仅达到约6.5%；2012年，我国电力工业平均供电煤耗为374 g/（kW·h），但在1999年，日本的供电煤耗就已降到320 g/（kW·h）以下，法国供电煤耗约为330 g/（kW·h）；2016 年，我国能耗水平较1980年同比下降约七成，较2000年同比下降约三成；2021年，我国6 000 kW以上电力工业平均供电煤耗302.5 g/（kW·h），全国线损率为5.26%。自电力市场情况来看，从20世纪80年代开始，世界各国逐步开始构建电力市场体系，通过电力市场实现资源最优配置和社会效益最大化，同时期，我国也在华北、东北和华东等区域建立了电力公司；1997年开始，我国电力市场化改革进入政企分开深入阶段，2000年，我国有约2/3省级电力企业完成改革；2002年，我国发布《国务院关于印发电力体制改革方案的通知》，拉开了电力市场化改革的大幕，其主要目标是打破电力市场垄断、引入良性竞争、提高市场效率、降低电力成本、健全电价体制机制

及电力资源优化配置，以促进电力市场健康发展；2003年，东北区域电力市场开始启动；2017年，电力市场化交易电量占全年比重33.5%，占全社会用电量比重25.9%；2021年，我国通过《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，为我国电力行业创新发展提供了依据；同年，我国交易电量达到3.8万亿kW·h，同比增长19%，占全社会用电量比重近5成，同比增长3.3%。

电力能效管理低效原因

1. 体制机制不完善

随着经济水平的快速增长与电力生产与消费量的不断增加，能源消耗总量在近年来持续攀升的同时，也反映出我国对电力能效的关注相对滞后。尽管电力市场改革的脚步不断推进，但电力能效管理体制机制和市场机制还未完全形成，产业政策、系统规划和法律法规等方面尚未健全，执行力还有待加强，电力资源配置低效、体制保障不强等问题还较为明显，电力工业中高污染、高投入、高消耗和低产出、低效率之间的“三高两低”矛盾依旧较为突出。在加速推进新型电力系统的构建过程中，仅靠电力行业与电网企业还不够，如何提升电力能效管理效率与管理水平，完善的政策保障与健全的市场机制二者缺一不可。

2. 管理和基础设施落后

20世纪50年代起，尤其是改革开放后，我国电力系统经历了快速蓬勃的高速发展阶段，电源容量日益增长，电网规模逐步扩大，电力建设不断加速。与此同时，我国的区域电力发展水平仍存在极大的不均衡，新能源发电的高比例接入正在改变传统的“源随荷动”的发电方式，对电力系统的灵活性也提出了更大的挑战。当前，我国电网运行仍采用相对粗放的管理手段，传统的电网运行管理方式越来越难以支撑新型电力系统的建设需求。除此之外，尽管我国近年来的电力基础设施建设保持适度超前发展状态，但由于我国早期的电网建设缺乏合理的布局规划，建设较早的城市配电网与农村电网基础设施相对落后，电网中特高压输电线路占比相对较低，紧凑型线路、同杆并架和串联电容补偿等较为先进的电网设施建设明显不足，部分变压器损耗严重，线损率较高。

3. 电力能源结构不科学

我国的电力能源主要以火电，尤其是燃煤发电为主，核电、风电、水电和太阳能等可再生能源发电相对薄弱，煤电装机总量占比约为70%。另外，我国发电资源主要集中在煤炭资源丰富的中部、水利资源较多的西部和风力资源雄厚的西北部，发电侧的发电机组类型结构和布局不平衡、不合理问题较为突出，输配电在电力能源资源的优化配置等方面能力略显不足，大规模、远距离的输电能力相对有限。这就导致燃煤电厂不仅承担着调频调峰的任务，还要承担备用发电的任务，煤电厂会在负荷不平稳的区段运行，热效率大大降低，使煤耗大幅度增高。

4. 物联网关键技术和应用落后

目前，物联网技术在电网基础设施、电力生产、电网运维、电力业务数据和智能业务等方面应用广泛。但电力物联网在电力系统中应用还存在以下问题：一是我国在物联网关键技术和传感器关键技术相关产业落后，自主研发能力不足，技术壁垒尚未完全突破；二是物联网技术标准不统一，因采购主体不一导致的电力行业物联网呈现出分散的点状结构，各种型号与类型的传感器大规模部署导致接入层协议太过繁杂；三是数据共享实时性难以保障，虽然电力行业对物联网需求较大，但因行业的接受能力较差，行业封闭性较大，整体应用和推动难以实现真正的统一；四是大规模无线网络难以普及，电力物联网因投资大、关键技术落后，采集终端的传感器部署难以做到全覆盖。

提高电力能效管理措施

1. 政府端：完善电力能效体制机制

1）健全市场管理模式。准确定位政府与企业的职责，将发电端与售电端区分开并实施不同的电力能效管理方式。对于发电端，引入行之有效、正向的市场竞争机制，适当放开市场准入门槛，以竞争的方式反向约束电力企业，规范自身行为，降低生产成本，提高生产效率，提升电力企业自身的竞争力；对于售电端，建立健全市场风险管控机制，对于一些风险管控水平较低或自身风险承担能力不足的售电公司，为电力用户规避潜在的关联风险，维护电力市场的交易安全。

2）推广电价调控机制。不断推广能够实时反映供需关系的电价销售机制，进一步优化完善我国现行峰谷分时销售电价，建立推广“尖峰电价机制”，扩大执行“季节性电价机制”，鼓励工商业用户通过配置储能、开展综合能源利用等方式降低高峰时段用电负荷、增加低谷用电量，通过改变用电时段来降低用电成本，使电价调控的作用得以更充分发挥。

3）完善政府监管机制。政府作为监管方，需要站在全局的角度，对电力市场的整体运作情况进行有效把控，确保电力市场运作均衡有序、市场主体行为规范有度及电力市场交易行为真实有效。一方面可以采用协同监管的方式督促各职能部门各司其职，及时发现问题并提出整改意见；另一方面需要完善数字化监管平台与监管制度，确保各部门间信息畅通、流程覆盖和举措到位。

2. 企业端：构建基于物联网技术的电力能效管理

物联网技术是以互联网技术为载体，通过各类传感器和通信传输技术采集实时信息，按照特定协议完成物物、人人和物人之间的信息连接和交互，从而实现智能监测和管理的技术手段。电力物联网技术是基于物联网技术的具象化应用，将电力企业、电力设备和电力用户之间的信息进行传输和连接，实现电能在发电、输电、变电、配电和用电等环节的信息交互，实现电力系统内部数据共享与精确分析，以达到提高电力管理效能、促进电网数字化与智能化建设的目标。基于物联技术的企业电力能效管理主要可分为感知层、通信层和应用层，其结构如图1所示。

感知层是底端，主要通过采集电压、电流、有

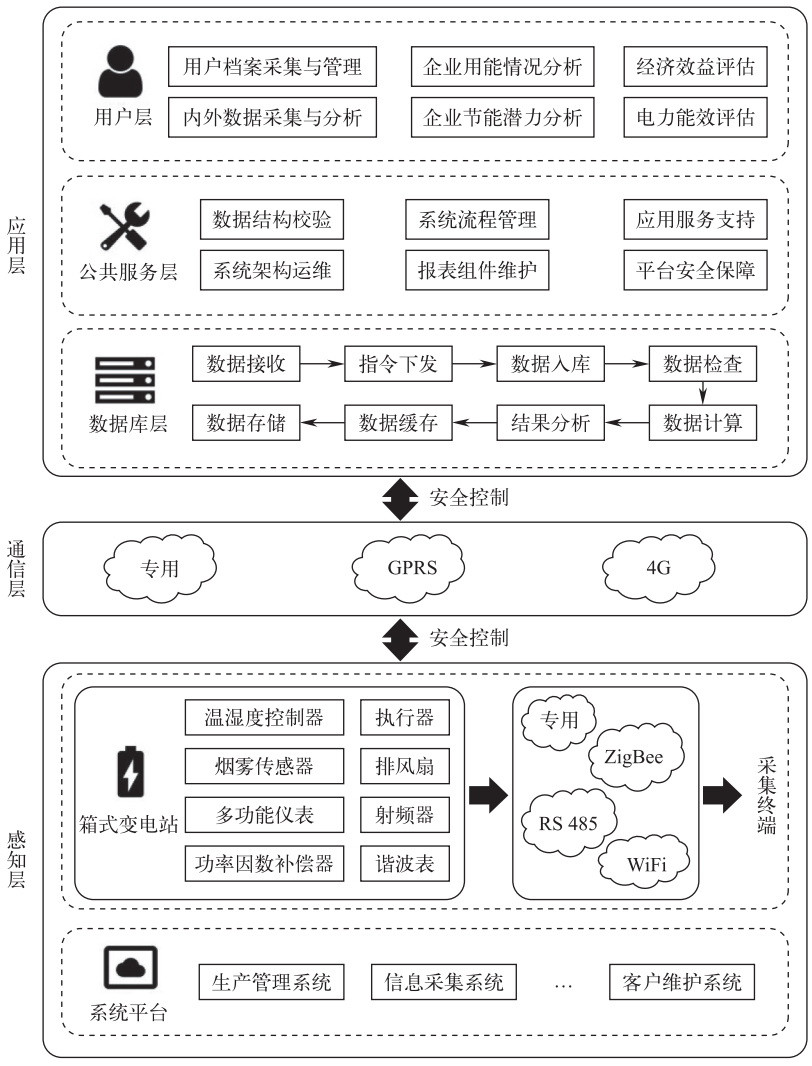

图1 基于物联技术的企业电力能效管理结构示意图

功功率和三相电压相差等电力能效相关数据，并通过温湿度传感器、烟雾传感器等设备来采集环境相关数据，以充实电力能效管理数据库。

通信层是中间层，是感知层和应用层之间的通道，主要借助电力网、4G和GPRS等通信载体来实现数据的远距离、实时和高质量传输。

应用层是核心层，由数据管理层、支持层、公共组建层和用户层等构成，主要目的是实现企业电力能效的集中管理。

3. 市场端：构建省级电力交易平台

1）构建省内电力交易平台。充分发挥电力市场在资源配置中的作用，从电力能效的发电、输电和用电三个过程出发，打破彼此间的体制和信息壁垒。省间交易平台中的“发”是指各类发电公司，其主要作用是按照协议规定为市场提供电力，服从指挥调度和指令，保证电网安全、稳定和高效运行；“输”是指电网公司，其主要职责是保障输电网的投资建设、运营管理和运行维护等；“用”是指配售电公司，其主要功能是从市场购电并提供给用电客户。

2）构建省间电力交易平台。利用互联网、大数据等技术，通过电子交易方式，以现货交易、中长期交易为主，其参与主体是省级电力交易平台，主要任务是开展交易业务、提供交易信息、发布价格指数、扩大国际影响、监督交易执行及引导市场优化等，为跨省电力交易提供服务，优化市场电力资源匹配，确保我国电网安全稳健运行。省内/省间电力交易平台示意如图2所示。

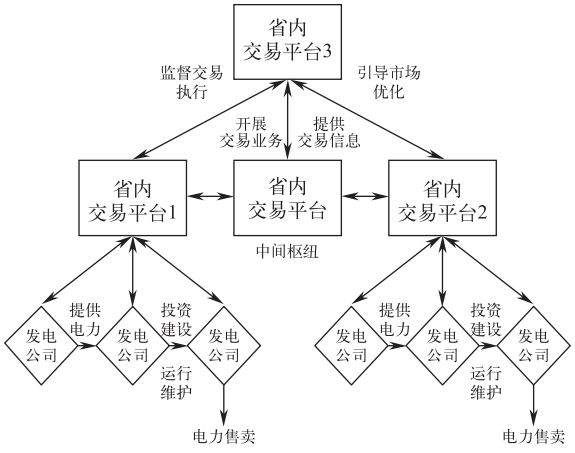

图2 省内/省间电力交易平台示意图

总结和展望

目前，我国电力能效技术水平和市场机制还需要进一步完善，管理手段和电网建设滞后、关键技术落后等问题还没有完全得到解决，以电力市场交易为核心的相关基础建设、技术配套和保障机制还需进一步加强。基于此，本文提出的从政府端加强顶层设计和制度保障，从企业端强化物联网技术提升和应用推广，从市场端搭建省内/省间电力交易平台，具有十分重要的借鉴意义，给我国新一轮电力能效变革提供了一种新的发展思路。

参考文献

[1] 毛永清．中国电力行业实现低碳化发展的途径与措施研究[D]．北京：华北电力大学，2012．
[2] 张翠．基于物联技术的企业电力能效管理方法研究[D]．西安：西安理工大学，2019．
[3] 薛冰．浅析电力能效管理与研究[J]．低碳世界，2014(8)：66．
[4] 胡文培．我国主要能源发电效益的比较研究[D]．保定：华北电力大学，2011．
[5] 狄查美玲．电力物联网时代物联网技术在电力系统中的应用[J]．数字技术与应用，2022，40(7)：27-29．
[6] 张在琛．泛在电力物联网关键支撑技术[J]．电力工程技术，2019，38(6)：1．
[7] 曲欣瑶．基于分时电价的居民用户智能用电优化控制策略研究[D]．杭州：浙江大学，2018．
[8] 杨德琪．电力市场违约风险管控机制研究[J]．风力发电，2017(2)：49-53．
[9] 郑鹏，沈一民，温步瀛．客户侧泛在电力物联网及其在能效服务的应用探索[J]．电气时代，2021(6)：29-34．
[10] 于璟璟．基于物联技术的企业电力能效管理方法研究[J]．建材与装饰，2020(14)：255，257．
[11] 王维超，薛宇，李更丰，等．电力能效统筹的市场交易体系及保障机制研究[J]．电网与清洁能源，2017，33(2)：7．
[12] 鲍洁，任博强，王中荣，等．电力能效统筹的市场交易体系及保障机制研究[J]．中国市场，2020(13)：76-77．