

智能电网的技术内容及比较

■ 王方方 上海市电力公司闵行供电分公司

高赐威 东南大学电气工程学院

随着新能源的发展，人们认识到智能电网的建设不仅对我国的电力能源产业的现代化具有重要的意义，而且已经成为21世纪我国参与全球科技、产业竞争的重要战场。目前，在国内不管是学术界还是工业界都感受来自发达国家迅猛的“智能电网”研究和建设浪潮，总体来说，我国目前仍处于被动的跟踪阶段，不论是政府层面或是工业界都没有形成明确的“智能电网”思路，面对能源领域这一跨时代的建设浪潮，我国电力工业面临的挑战不言而喻。本文将对欧美智能电网研究和建设进行归纳和总结，同时分析我国“智能电网”建设的发展方向和思路，为建设有中国特色的智能电网提供参考。

一、智能电网建设的重要意义

智能电网是能源战略的重要组成部分，是能源战略能否实现的关键。鉴于美国已经将智能电网建设提高到重大战略高度，因此本文先从美国的角度阐述其重要意义，从中也可以看出智能电网对于中国意味着什么：

1. 技术发展和应用的新平台

智能电网需要在创建开放的系统和建立共享的信息模式的基础上，整合系统中的数据，优化电网的运行和管理。它主要是通过终端传感器将用户之间、用户和电网公司之间形成即

时连接的网络互动，从而实现数据读取的实时、高速、双向的效果，整体性地提高电网的综合效率。IT产业的深度革命和能源革命将成为孪生兄弟，智能电网改革将推动能源改革的深度裂变。

2. 经济复苏的实现手段

当前积重难返的金融危机使得不可能选择金融业为主体的危机产业，而可再生能源产业能够造就一个超过二三十万亿美元价值的大产业拉动美国经济的再次崛起。智能电网的建设绝对不能将其意义仅限于电网，而要

将其视为美国能源战略的重要环节，其重要意义在于智能的电网能够方便容纳各种新能源的利用，提高能源利用效率，而能源产业既可以解决内需置换，也可以促进创新出口。因此，创造一个超越互联网革命的新能源产业革命，并以此拉动美国和全球经济的转型，成为奥巴马政府改革的力量来源和重大机遇。

3. 产业升级和全球竞争的要求

在过去的20年，美国以IT产业制造当代世界价值最大化的产业，现在在美国准备以能源产业实现美国全球

表 智能电网和当前电网的特性比较

智能电网建设的特点	当前电网	智能电网
使用户主动参与	用户不知情, 不能参与	用户知情, 主动参与
容纳所有的发电和存储装置	集中发电为主, 各种分布式资源接入网有困难	如多分布式能源资源以及具有即插即用便利的可再生资源
新的能源、服务、市场	有限的批发市场, 用户参与机会受限制	成熟, 完善的综合批发市场 服务于消费者的电力市场增长
为数字经济提供的电能质量	关注停电, 对电能质量问题反应缓慢	电能质量是首要问题, 以各种不同质量 / 价格选择迅速解决问题
优化资产和控制效率	很少整合数据进行资产管理	极大地扩展网络参数的数据采集, 关注于减少对用户的影响
对系统扰动的预测和响应	防止进一步的损害, 关注于在故障后保护资产	自动的检测和感应故障, 关注于防止或最小化对用户的影响
灵活的应对攻击和自然灾害	容易遭受恐怖袭击和自然灾害的损害	灵活的应对恐怖袭击和自然灾害, 具有快速的恢复能力

战略力量的重组, 同时通过建立的可再生能源结构将彻底改造美国的生产生活方式, 使美国再次主导全球经济的制高点。奥巴马经济改革计划也被称为美国复兴和再投资计划, 其中的能源体系变革将比 IT 革命更为重大、深远, 是 21 世纪人类最大规模的经济、社会和环境的总体革命。智能电网是容纳、应用新能源的关键载体, 智能电网建设能否成功直接关系到新能源的开发、应用的可持续性。

因此, 对于中国而言, 智能电网已经成为参与全球科技、产业竞争无法回避的重要环节, 该领域及其所在的能源领域竞争的成败将直接影响到未来中国现代化建设在全球框架下的地位和作用, 特别是对于我国这样一个能耗大国、人均资源小国, 智能电网建设作为解决能源问题的关键环节, 其重要意义应引起足够的重视。

二、智能电网建设的目标

智能电网在将电能从电源传输到用户的过程中应用数字技术节约能源、降低成本、提高可靠性。其实质是能源替代和兼容利用。表一给出了智能电网和当前电网之间的比较, 可以清楚表明建设智能电网的目标。

美国电科院 (EPRI) 和国家能源技术实验室 (NETL) 是美国从事智能电网研究最具权威性的两个单位, 他们对智能电网的特性作出了类似的定义:

◆ **自愈性**: 应用嵌入系统中的感知器和自动控制装置预测、获取实时信息, 发现系统中存在的问题并解决问题, 智能电网可以自动避免或者减少电力短缺损失、电能质量问题和电能提供服务中断问题。

◆ **用户的参与**: 智能电网从本质上来讲希望用户根据电价的变化改变

其用电方式或者在峰荷时为高可靠性电力供应支付高额电价。而且智能电网应该能够将用户的设备和行为整合入电网的设计、运行和通信中, 如用户可以通过“智能”设备从使用时间和利用效率等方面更好地使用各种电器, 而且还可以允许各种分布式电源如家用太阳能发电、小型风电和即插即用的电力交通工具的接入, 并收购来自于这些电源的电能。

◆ **抵御攻击**: 智能电网技术能够更好地识别和反应来自于人为或者自然灾害的危险。实时信息技术使得电网操作人员能够快速隔离受影响的区域并重新调整潮流。

◆ **高电能质量**: 电力缺乏和电能质量问题对国民经济造成了极大的损失, 作为更清洁、更稳定电力供应的智能电网技术, 应该可以减少停电时间和损失。

◆ **兼容多种电源选项**: 智能电网不仅能够承担传统的电力负荷, 而且还能够整合燃料电池、可再生能源和其他的分布式发电技术, 这表明智能电网框架下允许居民用户、商业用户和工业用户自己发电并将多余电能回售给电网, 这一点同时也提高了电力可靠性和电能质量, 减小电力损耗, 同时也提供给用户更多的选择。

◆ **支持电力市场**: 电力系统容量的增长将对电网管理提出更高的要求。这种要求体现在建立一个开放的市场, 电能可以远距离出售给任何接入电网的电力用户。

◆ **最优化资产运行**: 智能电网可以最小化运行和维护成本最优化资产运行。优化的电力潮流将减小损耗并最大化低成本能源发电的使用。根据本地电源分布和区域间潮流以及传输阻塞情况合理化现有电网资产的使用

并减小电网阻塞和瓶颈。

三、智能电网的基本技术

就当前的科技发展水平而言,已经为智能电网的发展提供了良好的技术储备,美国能源部列出了5个能够促进智能电网发展的基本技术。

◆ 综合通信,连接每一个部分到开放式构架,实现实时信息和实时控制,允许电网的每一个部分既能“听”又能“说”。

◆ 遥感和测量技术,支持更远和更精确的响应;如远程监控、实时电价、需求侧管理。

◆ 先进的部件,应用在超导、储存、电力电子和诊断上最新的研究成果。

◆ 先进的控制方式,监控关键部件,能够迅速地分析和恰当精确地解决各种问题。

◆ 改进的界面和决策支持,增强人类决策能力。当监控系统时,使电网操作者和管理者的工作从字面转为可视。

在美国能源部官方文件中已经将改变美国电网的意义与建设州际高速公路系统或互联网的发展相比较。在这些被视为是革命性的变革之前有着无数的发展阶段。构想于20世纪50年代,艾森豪威尔公路系统直到80年代早期才完成。同样的,互联网的历史可以追溯到六七十年代美国国防部的高级研究计划局网络,大大早于它作为社会转型技术出现于20世纪八九十年代。以大致相同的方式,智能电网的全面应用的局面也将会随着时间的推移而逐渐形成。

四、智能电网的案例

鉴于我国才刚刚开始对智能电网的研究,有必要给出具体的案例,以

便于更好地理解智能电网研究和建设的具体内容。

1. 以美国为例

◆ 美国夏威夷大学研发的配电管理系统平台

用户在家中进行管理的功能,改进的配电系统操作,以这些为特征的综合能量管理平台将被研发出来。平台集成了先进的计量设备作为家庭需求响应的入口,家庭节能自动化,配电系统内分布式发电、储存、负荷的优化调度,并使配电系统成为一个可控整体与电网中其它整体配合运作。这种类型的家庭能量管理将使用户能够基于自己的偏好来控制负荷、实现自动节能等等。家庭自动化将基于大电网的智能电表等元件,带有某种网络的智能电表可以与家用电器交换信息从而实现自动控制。此外,这个平台还能为当地的公共事业提供辅助服务,如:旋转备用,负荷跟踪监管,风能和太阳能的间歇性管理。该平台将被部署到夏威夷岛的某个变电站中。

◆ 伊利诺伊理工大学的“完美电网”

“完美电网”系统被定义为:一个电力系统能时刻满足用户的电力需求。完美的电力系统具有灵活性,能够为各种不同类型的终端用户提供电力,满足他们的需要。智能电网将使具有上述功能的电网成为可能。

这个工程将要设计一个完美电网的原型,他利用先进技术创造微网来反应不同的电网条件,提高可靠性,减少负荷。这个模型能够复制于各种市一级规模的系统,在这种系统里,用户具有参与电力市场的机会。

◆ 西弗吉尼亚的“超级电路”
超级电路工程被设计出来,证明

一个先进的配电电路通过综合分布式电源和先进的检测、控制、保护技术具有更高的稳定性和安全性。通过先进的测量设备和一种通信网络,这个电路能结合生物柴油发电和能量储存达到快速的故障预测、快速的故障定位与解决,使对用户的影响最小化。现在当电路发生故障时,电路上的所有用户都会受到影响,或者停电或者电能质量出现问题。超级电路将证明他能动态地重新配置电路,使得故障段被隔离而对无故障段保持正常供电,也可以从相邻馈线上取得电能提供给用户,优化服务。

◆ 沿海城市微网

微网与现在的电网很相似,但规模要小得多。它的独特功能在于:在大电网受到干扰时,微网能够与大电网隔离并保证用户不被影响,而干扰消失后又能重新恢复与大电网的联系。沿海城市微网项目把将现有的变电站确定为“海滩城市变电站”,目的在于为配电事业提供一个蓝本;证明应用先进的控制和交流技术整合多种分布式能源的效力,也试图提高配电线路、变电站等电网组成部分的可靠性,降低峰荷。

所有国有和私有的发电装置如光伏太阳能系统、生物柴油发电机等和能量储存装置与高级计量装置一起,都将被集成到峰荷大约50兆瓦的变电站统一操作。

海滩城市将成为未来提高资产利用率,控制整个配电网的一个向导。成功地建立此种功能的网络可以使用户参与电网可靠性与价格驱动负荷管理的实践,这两项都是实现智能电网的关键。

◆ 高渗透性的清洁能源技术
柯林斯堡市和市有公共事业支持

多种不同的清洁能源举措,包括在市里建设一个零能耗地区,其中之一是促进配电系统的转型和现代化。在保证电力传输高效和可靠的前提下,发展一个集成各种分布式资源的系统,促进新能源如风能、太阳能的使用。各种分布式资源将会充分地集成到配电系统中以支持零能耗地区的建设。这些被集成的资源包括:光伏太阳能、小型发电机(容量在25千瓦到500千瓦之间)、双燃料热电联产系统、内燃机、后备发电机、风能、插入式混合动力电动汽车的辅助作用、燃料电池,该项目将帮助确定在保证系统性能和经济性的基础上,使用各种分布式资源的最大程度。

◆ 美国科罗拉多州的波尔得(Boulder)已经成为了全美第一个智能电网城市

美国多个州已经开始设计智能电网系统,每户家庭都安排了智能电表,人们可以很直观地了解当时的电价,从而把一些事情,比如洗衣服、烫衣服等安排在电价低的时间段。电表还可以帮助人们优先使用风电和太阳能等清洁能源。同时,变电站可以收集到每家每户的用电情况。一旦有问题出现,可以重新配备电力。

2. 以欧洲为例

从1984年起,欧洲开始实施自己的研究与技术开发计划(简称“框架计划”)。迄今,已经执行了六个框架计划。该计划是欧盟成员国共同参与的中期重大科技计划,每期执行4年,具有研究国际前沿和预竞争性科技难点的特点;是欧盟投资最多、内容最丰富、市场目的最明确的全欧洲性科研与技术开发计划。历经20多年的发展和完善,欧盟框架计划已成为世界规模最大的官方综合性研究与

开发计划,已纳入欧盟的政治战略轨道。当前在第七个框架协议(FP7)下,就能源研究的讨论认定这一研究领域为智能电力网络。这一新领域的最初目标是:提高欧洲电气系统和网络效率、安全性和可靠性。例如:将现有的电网转变为用户与供电商交互的服务网络,有效地将可再生的、分布式的能源接入网络等。

◆ 欧洲智能电网技术平台着力于将来欧洲电力网络的研究和发展,创立于2005年,它的目标就是规划2020年及以后的欧洲电网发展,是欧洲技术平台的重要组成部分。

◆ 意大利的特拉哥斯托里项目,开始于2000年,2700万家庭用户应用了通过窄带宽电力通讯的智能表。

◆ 德国施图登湖的虚拟电厂,在该项目中大约400人居住在100个公寓和房屋里。住宅区先前的能源系统已经转换为一个小型的虚拟电厂。发电单元包括:一个热电联产机组,一些太阳能光伏系统,一个即供电又当负荷的电池系统。

五、智能电网与中国

实际上就智能电网相关的各种硬件设施,比如高度的电力设备自动化、高级调度通信系统的建设。中国一直在进行相关的电网建设,如中国正在建设其广域测量系统,到2012年将在所有30万千瓦以上机组及所有500千伏以上变电站装设PMU。所有的通讯均通过专用宽带网络传输,因此控制中心的各种信息可以及时下达和上行。但是总体而言,对于智能电网一直没有一个全面权威的规划,2007年10月,华东电网正式启动了智能电网可行性研究项目,并规划了从2008年至2030年的“三步

走”战略,即:在2010年初步建成电网高级调度中心,2020年全面建成具有初步智能特性的数字化电网,2030年真正建成具有自愈能力的智能电网。该项目的启动标志着中国开始进入智能电网领域。但是,不得不承认,就当前而言,国内对于智能电网的重视程度和西方国家相比有着巨大的差距,而且,国外智能电网更多地关注配电领域。在我国现在更关注的是智能输电领域,把特高压电网的发展融入其中,保证电网的安全可靠和稳定,提升驾驭大电网安全运行的能力。这是和我国正处于负荷高速增长、大电网大电源建设的发展阶段相适应的。换句话说,西方国家在输电网部分已经达到了相当高的技术水平,主要着力于配电网的精耕细作,通过大规模应用现代电子信息控制技术来实现电网的革命性发展,以适应于新能源的应用以及用户的高度参与,这是当前我国电网暂时无法企及的。但是,不管怎么说当前的智能电网建设为我国提供了新的产业竞争平台、也是我国电力工业不得不面对的全球电力工业革命性跨越,我们需要抓住这样一次机会,努力缩小并赶上世界先进水平。●

作者简介

王方方,助理工程师,从事用电营销工作

高赐威,副教授,从事电网规划、电力市场、电力安全研究。