

能源 以智慧的名义

□中信证券 王祥麒 吴非 许英博 刘海博 王鹏

能源互联网是第三次工业革命的重要支柱，是将先进的互联网技术应用到能源领域，从而实现能源分布式供应的一种有效模式。能源互联网的主要特征为可再生、分布式、联起来、开放性和融进去。近年来，各国都在积极推进能源互联网战略，中国也试验性地提出了“智能能源网”，其使用预计使我国能源效率提升将在15%以上。

信息通信技术是能源互联网载体，在互联网概念引导下，能源基础设施领域将产生深刻变革。能源互联网和智能化应用广泛，但在能源互联网“广域网”实现之前，垂直应用领域的“局域网”是主要应用场景。

以互联网理念构建能源网络

能源互联网是采用分布式能源收集系统，充分收集分散的可再生能源，再通过存储技术将间歇式能源存储，利用互联网和智能终端技术，使能量和信息能够双向流动的智能能源网络，实现能源在全网络内的分配、交换和共享。能源互联网把集中式、单向、生产者控制的能源系统，转变成大量分布式辅助、较少集中式以及更多消费者互动的能源网络。

类似于信息互联网的局域网和广域网架构，能源互联网以互联网理念构建新型信息能源“广域网”，其中包括大电网的“主干网”和微网的“局域网”，双向按需传输以及动态平衡使用。

“微网”是能源互联网的基本组成部分，通过新能源发电、微能源收集、汇聚与分享以及微网内的储能或用电消纳形成“局域网”。大电网在传输效率等方面仍然具有无法比拟的优势，将来仍然是能源互联网中的“主干网”。

能源互联网通过储能技术、能源收集技术及智能控制技术将有效解决可再生能源供应不持续、品质不稳定和难以接入电力主干网等问题，让可再生能源逐步成为主要能源，以减少污染物排放。能源互联网一旦实现，人类将获得充足的能源供应，信息技术、智能控制技术、能源收集技术、储能技术、动力技术等相关技术也将飞速发展，新能源、动力设备、智能产品、生产设备、新材料等领域将不断取得新进展。

尽管国家电网公司已提出构建“以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强电网为基础，利用先进的通信、信息和控制技术，构建以信息化、自动化、数字化、互动化为特征的自主创新、国际领先的坚强智

各国积极推进

美国最早提出了能源互联网概念。2008年，美国国家科学基金(NSF)在北卡州立大学建立了未来可再生能源传输与管理系统(The Future Renewable Electric Delivery and Management system, FREEDM)，提出能源互联网概念，希望将电力电子技术和信息技术引入电力系统，在未来配电网层面实现能源互联网理念。

2011年2月，美国能源部发起Sunshot计划，拟在2020年前将太阳能光伏系统总成本降低75%，达到6美分/kWh。Sunshot计划若成功实现将使能源互联网的实现成本极大降低。

欧洲等国也在能源互联网领域积极探索。从2000年起，欧盟就开始大规模推进碳减排计划和政策，加速未来新经济和能源模式朝可再生能源的循环清洁模式转换。欧洲各制定了目标和基准，形成了主流的第三次工业革命。2011年，欧盟发布“能源基础设施”战略报告，提出将欧盟各个国家的电网、气网等能源网络连起来，建成跨欧洲的能源互联网战略构想。英国政府也积极对以能源互联网为核心的第三次工业革命进行政策支持，将能源互联网落实到电动汽车和电网基础设施等建设项目上。

德国通过信息化积极构建能源互联网。2008年，德国联邦经济技术部与环境部在智能电网基础上推出



资料来源：国防科技大学 中信证券研究部整理

不同储能技术的优势和劣势比较

储能技术	优点	缺点
抽水蓄能	+能够存储巨大的电能(超过 200MW) +拥有很长的存储时间(长达 6 个月) +快速的响应速度 +很低的每瓦储能运行成本 +无污染的储能技术	-依赖于地理的条件 -很高的水电站、抽水站建设成本 -对地理、地形有很大的影响
压缩空气储能	+适合瞬时响应 +适合于山的尖峰削平、电压骤降、晃电 +可以接入各种能源(太阳能、风能、电网)	-储能的压缩空气会被加热从而导致能量的损耗在转换过程 -能源的利用效率偏低，至今没有商业化
化学电池储能	+高级的储能技术 +成熟的技术 +容易叠加模块，大规模储能模 +为不间断电源提供后备电源支持 +可以接入各种能源	-化学电池的电解液可能有危险，有害 -电池技术应用于大规模储能还有待于进一步商业化的推广和验证 -对于太阳能、风能，电化学储能并不是效率最高的储能方式
燃料电池	+适合于能量的长时储存 +有限的或没有能量耗散 +使能源储存于可再生能源在荒漠地区成为可能	-能源转换效率普遍较低 -无法用长期时间的断电供应
飞轮储能	+能够存储并快速释放电能 +飞轮首次充电的时间只要数分钟，而电池要数小时 +能够在宽温域和多种环境下工作 +快速的响应使其可以提供瞬间高压，可以用来补偿电力的尖峰和瞬间压降	-对于飞轮的过度负荷存在风险 -不适合空间狭小的地方，适合发电厂储能 -与电池技术相比不是一个成熟的技术，而且在价格成本上不具有优势 -仅能做 15-20 秒的动态快速响应

资料来源：中信证券研究部整理

核心技术有待突破

能源互联网对现有技术提出了更高要求。能源路由器是能源互联网实现的核心，但能源的路由器比信息路由器要复杂得多，主要体现在存储和控制的难度上。储能相当于能源互联网中的缓存，经济可行的大规模储能仍然是技术难点，效率、充放电次数、成本、容量等问题还有待解决。电力电子技术是实现能源互联网控制的主要手段，按照用户的需要以指定电压和频率控制电力的传输技术仍有等攻克。

能源互联网可分为五层，分别为支撑层、感知层、传输层、平台层、应用层。

支撑层构建完备的技术支持体系，包括物联网协同感知技术、样本库共性技术、自治组网技术、传输模块仿真技术及TDN融合技术。在感知层，信息采集方式主要包括二维码标签和识读器、RFID标签和读写器、摄像头、GPS、各种类型传感器(声、光、电、热、压、温、湿、振动、化学、生物等类型)和光纤探头等。传输层涵盖了网络通信全产业链，包括网络通信芯片设计与制造、网络通信模块/终端制造、网络通信基础设施制造、网络通信运营、网络通信软件/中间件设计、网络安全系统解决方案提供、网络系统解决方案提供等。平台层主要承载各类应用并推动其成果的转化。应用层主要包括智能安防、智能环保、智能交通、智能农业、智能医疗等。

据CCID-MRD预测，“十二五”期间我国传感器与敏感元件年均市场需求增长率将达31%，市场规模有望由2010年的600亿元提高至2015年的1000亿元以上。此外，变频空调等产品推广对传感器的需求较传统产品多增加3~4个/台，预计该领域仍将实现较快增长。

在各类传感器中，流量传感器、压力传感器、温度传感器近几年来一直保持持续稳定增长的态势，三者占据了各类传感器市场一半以上的份

额，分别为21%、19%、和14%。其中，温度传感器作为应用最为广泛的传感器之一，在2012年达到78亿元的市场规模。未来，工业自动化、汽车电子和可穿戴设备等应用将是驱动传感器快速增长的重要引擎。高工产研预测，到2015年，温度传感器市场规模将达到156亿元。

智能仪表作为传感器下游应用，正向智能化发展。智能仪器仪表计量系统通过采用传感技术进行计量，采用现代CPU技术和嵌入式程序技术进行计算，采用智能IC卡技术或者有/无线远传技术进行记录和传输。信息管理系统与之配合，可实现仪表数据自动抄录及程序控制，进而可实现水、气、热、电等的自动计价、自动缴费和远程控制。此外，基于智能仪表的自动化和可编程特性，其发展可大大助力水、气、热价格改革的推进，为阶梯计价提供智能化、一体化解决方案。

在储能领域，中国储能产业经过近几年的发展，已经逐步引起政府主管部门的重视。早在2009年9月，国家电网旗下的新源控股有限公司与河北张家口就签订了协议，在张北、尚义县风电场建设国内首个风光储能示范项目，总投资200亿元以上，建设500MW风电场，100MW光伏发电站，110MW储能装置。其中一期工程投资32.2亿元，于2011年12月25日建成投产，包括风电98.5MW、光伏40MW和储能20MW。随着国家示范项目展开，大容量储能系统有望在未来几年开始大规模建设，抢先布局的企业有望获得丰厚收益。

目前主要的储能方式分为物理储能、化学储能和超导储能等。其中物理储能方式主要有抽水蓄能、压缩空气蓄能和飞轮储能。化学储能技术主要有铅酸电池、液流电池、钠硫电池、超级电容器、金属空气电池、二次电池(金属氢化物镍蓄电池、锂离子蓄电池)等。我们认为

为，在100MW级以上的主网级别储能市场中，抽水蓄能在目前和未来很长一段时间内都是毋庸置疑的王者，其已经证明了在该领域的经济性和可行性。

在100kW~10MW级别的储能应用领域中，我们更看好化学储能技术，特别是钠硫储能电池和液流储能电池。

其中，液流技术包括多硫化钠溴液流电池、锌溴液流电池、铁铬液流电池和全钒液流电池，而钠硫电池目前只有日本的NGK实现了商业化。上海硅酸盐所是目前国内唯一从事钠硫电池研究的机构，但离商业化还有一定距离。储能钠硫电池已被列为国家和上海市的重点发展方向。

液流电池不受地域等条件限制，只要有新能源发电设备的地方就能安装，而且占地面积相对较小。相比于传统的铅酸电池等常规电池而言，液流电池的理论循环寿命更长，安全可靠性高，能量密度高，一次性投入低。

传统电力变压器不能对电压和电流进行连续调节和综合控制，电力电子变压器对能量转换与控制极具意义。电力电子变压器主要由电力电子变换器高频变压器和控制器等组成，其中由IGBT或IGCT等高频大功率电力电子器件组成的电力电子变换器是电力电子变压器的核心。我国从事电子变压器研究、开发生产的单位已超过2000家。从事电力电子变压器业务的公司主要有荣信股份、许继电气、国电南瑞、国电南自、天威保变、特变电工、中国西电等。

信息通信技术作为能源互联网的技术发展载体，能够解决能源技术本身面临的瓶颈和可持续发展等重要问题。我们认为，能源互联网不仅是电网的信息化和智能化，更是互联网概念引导下的能源基础设施变革，最终实现信息能源基础设施的一体化进程。

垂直“局域网”开始应用

在能源互联网“广域网”实现之前，垂直应用领域的“局域网”是主要应用场景。

坚强智能电网以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，具有信息化、自动化、互动化特征，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合。国网计划2009~2020年投入3.45亿元分阶段建设坚强智能电网，其中智能化投资3841亿元。2009~2010年为规划试点阶段，2011~2015年为全面建设阶段，2016~2020年为引领提升阶段。

其中，厦门岛将建设的主动配电网，具有能源互联网示范意义。2014年3月，由国网福建电力公司、国网福建电科院为主承担的“主动配电网关键技术研究及示范”项目正式启动。该项目是国家863计划先进能源技术领域重大项目之一。项目将以厦门岛作为示范对象之一，建成具有国际先进水平，集冷热电联供、生物质、光伏、风电、储能和电动汽车充换电站等单元的主动配电网应用集成示范系统。

油气井信息化建设前景广阔。我国内陆油气资源丰富，地域分布较广，中石油、中石化及地方石油公司管理的小油田20余个。目前全国内陆油田的油、气、水井总量约30万口，每年增量近2万口。受地质条件影响，油气田呈现单井产量低，井口数量多的特点。

利用信息技术构建智慧油田，可持续提高产量和采收率，减少操作成本，提高运营效率。中国石油“十二五”信息技术总体规划中，明确将“油气生产物联网系统(A11)”作为重点建设项目，总投资规模12.72亿元。其主要是通过传感、射频、通讯等技术，对油气井、计量间、油气站库等生产对象进行全面感知，实现生产数据、设备状态信息在生产指挥中心及生产控制中心集中管理和控制，进一步提高油气田生产决策的及时性和准确性。从全国范围看，不考虑每年新建井，未来几年存量井的数字化建设需求每年就有4~5万口规模。

智慧矿山是矿山信息化发展高级阶段，其与移动互联网、光纤网络、物联网和云计算等信息技术紧密结合，从而实现矿山企业管控智能、安全可靠、经济高效、绿色环保和可持续发展等目标。根据测算，智慧矿山系统实现初步智慧化，可大大减少直接作业人员50%以上，生产效率提高30%以上，安全效率提升80~90%以上。

分各产品来看，保守测算未来三年煤与非煤矿山用安监系统市场达50亿元，人员定位管理系统达50亿元，煤矿瓦斯抽放及综合利用系统市场达15亿元，煤与瓦斯突出实时诊断系统市场达40~50亿元，煤矿顶板安全监控系统市场达30亿元以上，上述相关产品的市场容量合计达200亿元以上。同时，如果矿用紧急避险系统市场启动，移动式救生舱和紧急避难室的市场容量预计在300~400亿元以上。

根据安监总局等相关政府网站提供数据测算，中国仅露天矿、尾矿库、非金属地下矿、水库大坝、加油站、危险品码头、铁路道口、液化气换气站、渡口和锅炉等十大类的数量约达86万处。假设监测点终端数据处理器均价6.8万元，年均服务费1.2万元，则该十大类危险源对应的数据处理器采购规模将达560亿元，带来的年均服务市场容量达100亿元。如果将除煤矿外的其他30大类全部纳入考虑，那么市场容量或将达千亿元。

在燃料智能化领域，燃煤成本占火电企业总成本的70%左右，在影响火电企业经营效益的众多因素中，燃料管理居于首位。传统燃料管理、采、制、化是最基本也是最重要的三个环节，通常都依靠人工完成，劳动效率不高。提高燃料管控全过程自动化程度，达到堵塞管理漏洞，是燃料管理的一个发展方向。随着近几年电力企业对煤质管理力度的加强，火力发电厂在快速推行煤炭燃料管理信息化建设。

目前全国规模以上(30万千瓦及以上)火电企业约1000余家，其中主要发电集团旗下火电企业数量占比约55%。根据发电机组容量和自动化程度等不同，单个电厂燃料智能化改造投资在1000万~1500万元之间，整个已投运火电企业燃料智能化管理系统的投资规模将达到100亿~150亿元。从燃料智能化资本支出结构看，采、制、化环节整体投资占比最大(40%~50%)，主要包括自动采样设备、自动制样设备及相关的信息管理系统。其他如计量环节和数字化煤场建设投资分别占比约8%，信息化建设环节投资占比约15%，其他费用支出占比20%左右。

目前参与电厂项目试运行的供应商主要有：软件产品方面主要有远光软件和武汉博晟信息科技公司；采、制、化自动化设备主要供应商包括北京智和卓源科技公司、南昌光明化验设备公司、沈阳新松机器人、国电南京电科院和长沙开元仪器公司等。

此外，随着近年来网络众筹融资兴起，能源众筹领域也不乏案例。被美国《快公司》杂志评选为能源领域十大创新公司之一的马赛克，自2011年5月成立以来，主要通过网络众筹方式募集超过600万美元，为超过18兆瓦的个人屋顶光伏项目提供融资服务。2012年6月，马赛克还获得过美国能源部200万美元的支持。

分布式光伏众筹也在国内破冰。2014年2月，联合光伏携手国电光伏和网信金融(众筹网)等合作伙伴共同启动光伏互联金融战略合作，通过互联网众筹模式在深圳前海新区联合开发全球第一个兆瓦级的分布式太阳能电站项目。