

构建符合我国国情的智能电网*

中国科学院学部

(北京 100864)

关键词 智能电网, 国情

随着 2009 年, 美国总统奥巴马在《美国的新能源》报告中将投资智能电网作为一项国策提出, 以及美国能源部宣布政府投资 34 亿美元用于资助智能电网技术开发, “智能电网”迅速成为全世界广泛关注的热点话题, 并被各国视为推动经济和产业革命、建立可持续发展生态文明社会的新基础和新动力。随着国家“智能电网”热潮的兴起, 国家电网公司迅速提出并制定了“坚强智能电网”的发展规划并开始全面推进。与欧美等国家相比, 我国智能电网的发展主要是由电网公司从行业自身发展的角度出发来规划和推动, 缺少“国家层面上”的“从整个能源体系结构和国家能源发展战略出发”的对智能电网发展目标和重点的引导和规划。为此, 中科院学部组织有关院士和专家进行了国家智能电网的研究, 形成了《构建符合我国国情的智能电网》的报告。

1 智能电网的背景、定义及国内外发展现状

智能电网被世界各国视为推动经济发展和产业革命、建立可持续发展生态文明社会的新基础和新动力。国际上“智能电网”提

出的背景和发展驱动力主要来自 4 个方面:

(1) 应对风能、太阳能等可再生能源发电规模快速增长对电网的挑战; (2) 适应电动汽车、小容量分布式电源等用电结构变化的影响; (3) 发达国家电网设备老化和更新换代的需要; (4) 网络经济向以能源体系为代表的实体经济渗透和新产业革命的推动。

美国是最早提出智能电网概念的国家, 其智能电网的发展有两个显著的特点: 与信息产业的密切结合, 研究重点向配电和用户侧应用倾斜。按照美国 2007 年颁布的能源独立与安全法案定义, 智能电网是一个通过双向的能量流和信息流网络, 将涵盖分布式电源、高电压网络、大容量储能装置、智能家居、电动汽车等智能体有机连接在一起的现代电力网络, 实现发电、输电、配电、供电和服务的全方位监控、保护和优化调度。

欧洲智能电网发展表现在对跨国的电力交换和电力市场服务(包括备用电源和辅助服务)的巨大需求。欧洲在风力发电和太阳能发电的规模和普及程度方面位居全球首位, 由于欧盟各国的电源构成差异很大, 北部的风能和南部的太阳能发电间具有互补性, 部分国家的高比例间歇式风电需要邻国提供备用电源支撑, 亟需构建与可再生电源发电相匹配的开放的电力网络和电力市场机制。

2009 年随着国家“智能电网”热潮的兴

* 本文为学部咨询报告摘要。咨询专家组成员 程时杰、周孝信、韩祯祥、余贻鑫、潘垣、孙才新、李立、吴复立、曹一家、段献忠、孙元章、王成山、程浩忠、白晓民、管霖、郭剑波、饶宏、李若梅、文劲宇、郭创新、罗安、侯云鹤

收稿日期 2011 年 7 月 11 日

起,国家电网公司迅速提出并制定了“坚强智能电网”的发展规划并开始全面推进。南方电网公司则持谨慎态度,尚未提出明确的“智能电网”发展重点和具体的发展路线图。2010年两大电网公司开展了大量的局部示范工程,国家多个部委和科研机构均在开展智能电网战略研究。

与欧美等国家相比,我国智能电网的发展主要是由电网公司从行业自身发展的角度出发在规划和推动,缺少“国家层面上”的“从整个能源体系结构和国家能源发展战略出发”的对智能电网发展目标和重点的引导和规划。

2 我国发展智能电网的战略目标、指导思想 and 整体思路

中国作为一个能源消耗大国,必须明确符合我国国情的战略目标、指导思想和整体思路。

2.1 战略目标

优化调整我国发电能源布局;解决大规模集中式风能太阳能电站接入电网的问题;提高新电源布局下我国大区互联电网的安全稳定性和运行效率;配置符合未来电网运行管理需求的智能输变电设备;依靠智能配电技术和新的电力营销机制推动我国经济发展,彻底改变高能耗生产方式,构建由分布式清洁能源与节能减排生产、生活方式共同构成的新能源消费模式。

2.2 指导思想

深入贯彻落实科学发展观,坚持自主创新,发展建设符合我国能源政策、满足大规模可再生能源发电接入要求、具备安全高效运行和大容量远距离输电能力、实现我国节能降耗需求的中国特色智能电网。

2.3 整体思路

按照“稳步实施、示范带动、效益评估”的思路,从基础研究着手,明确我国智能电

网发展的关键问题、战略重点和布局以及阶段性目标,合理引导各相关产业有序发展,有组织有计划地开展智能电网的研究与建设;通过局部地区示范工程项目试点,组织关键技术攻坚,探索行之有效的应用推广方案,为全面推进我国智能电网的建设奠定坚实的基础;建立智能电网建设的实施效果指标评价体系,评估智能电网试点工程的投资建设效益,为我国智能电网的建设进程和科学发展提供决策依据与决策支持。

3 我国发展智能电网的重大科学问题

为了实现我国发展智能电网的战略目标,我国智能电网研究和发展中必须重点关注下列5个重大科学问题,并在其核心技术方面取得突破性的理论和应用成果。

3.1 电网接纳大规模可再生能源领域的科学问题和关键技术

电网接纳大规模可再生电源已成为我国能源发展必须面对的挑战,需要解决的主要科学问题包括:

- (1) 大区域风电场群和光伏电站群的波动特性与预测模型;
- (2) 满足电能消纳和电网安全需求的新能源与传统电源的协调规划;
- (3) 满足我国大范围电能安全优化调配需求的新能源接入模式;
- (4) 大规模风电与光伏电站接入后输电网的运行调度和电能质量控制。

需重点关注的关键技术包括:风电和光伏电站建模、仿真和接入技术,电网、电源与可再生能源的统筹规划技术,电网接纳大规模可再生能源的安全经济运行技术。

3.2 智能输变电领域的科学问题和关键技术

针对输电通道资源日益紧张的情况提高电网资源利用率,是智能输变电领域面临的挑战,主要科学问题包括:

- (1) 满足新能源布局下我国大范围电能



中国科学院

安全优化调配需求的输电网结构；

(2)实现我国主干输电网潮流灵活控制的技术架构；

(3)通道畅通共享、信息无缝集成的智能化变电站构建；

(4)具备对潜在故障的自我检测、自我保护能力的智能化输电线路和智能化高压设备的研制。

需重点关注的关键技术包括：与新能源结构相适应的输电网规划技术和标准，灵活的输电网功率控制技术，智能变电站技术体系和标准；智能化设备（变压器、开关）技术和标准，输电网的状态监测和状态检修技术。

3.3 智能调度和运行控制领域的科学问题和关键技术

大规模风电等间歇式电源的加入，使得我国大区互联电网运行调度日趋复杂，需要建立智能调度和运行控制体系，主要科学问题包括：

(1)间歇式电源接入后，电网功率平衡控制、安全稳定和电能质量的保障；

(2)电网海量监测信息下，大电网状态的感知、预警和自适应决策控制；

(3)改善大电网安全稳定性的广域分布控制和保护的协同作用机制；

(4)大电网的风险抵御能力和自愈机制。

需重点关注的关键技术包括：在大电网广域量测基础上构建调度支撑平台，大电网智能分析及预警，大电网广域保护与智能控制，新能源发电环境下的厂网协调运行。

3.4 智能配电与用电领域的科学问题和关键技术

分布式电源和电动汽车的发展，电网与用户双向互动的需求，对智能配电和用电提出了巨大的挑战，主要科学问题包括：

(1)各类分布式电源接入电网的原则、

统一标准和运行调度模式；

(2)满足高可靠性和自愈要求的智能配电网结构和控制、保护配置方式；

(3)电网与用户互动机制的构造和“可平移”负荷的发展；

(4)延伸到配电末梢的海量分布式量测信息的安全、有效传输、管理和利用。

需重点关注的关键技术包括：分布式可再生能源发电并网和微网组网运行，适应分布式电源和高级配电自动化的配电网结构和规划，适应电力双向流动的配电网保护和控制，电能质量控制与定制电力，双向互动的营销机制和需求侧管理。

3.5 智能电网信息与通信领域的科学问题和关键技术

智能电网框架中通信和信息处理技术占有重要的地位，主要科学问题包括：

(1)电力主干光传输网络传输容量、速率、时间同步性和业务感知能力的提高；

(2)满足分布式用电信息传输可靠性和经济性的配、用电通信网构造；

(3)电网的统一信息模型和统一信息标准的建立；

(4)高密度海量数据的有效集成、评估、关联分析和决策应用；

(5)电力系统信息的全方位安全主动防御体系的构建。

需重点关注的关键技术包括：智能电网通信技术，智能电网信息应用技术，智能电网信息安全技术。

4 我国发展智能电网相关政策、措施的建议

4.1 加强组织管理架构建设，科学统筹协调智能电网发展

(1)建立独立的组织领导机构，实现智能电网建设的科学管理。建议成立由国务院直接领导的智能电网国家指导委员会，下辖标准化工作委员会、资金管理委员会、关键

技术管理委员会、评估监督委员会,分别负责制定智能电网技术标准体系、智能电网建设资金筹集调度和管理、智能电网技术发展规划与关键共性技术的协同研发组织、智能电网技术研发进展和产业推广评估与监管,做到统筹协调、统一规划,科学部署国家智能电网的发展。

(2)建立有效的多方协调机制,实现智能电网的科学集群发展。建议相关部委、地方政府成立智能电网协调管理机构,各相关行业协成成立智能电网跨行业协调委员会,相关企业和科研院所设立智能电网建设联络点,加强智能电网协调机制建设,积极构建高效、便捷的沟通渠道,统筹协调相关利益主体的关系,促进部委、地方、企业、科研机构的协同合作,实现智能电网的科学高效发展。

4.2 加强技术标准体系建设,建立适应智能电网发展规律的标准体系

制定智能电网基础标准和专业标准体系,建议确立智能电网核心标准和优先标准,核心标准涵盖开放性架构、公共信息模型、变电站自动化、配电管理和网络安全等5大核心领域;优先标准针对需求响应及用能效率、广域状态感知、储能、电动汽车、高级量测基础设施、配电网管理、信息安全与网络通信等建立。

建议首先颁布推荐性标准,通过智能电网建设实践逐步发展完善高水平的智能电网技术标准,提升为国家强制性标准。建议重点关注促进接口和产品标准化的互操作性标准,重点考虑通用性需求。

4.3 加强创新型人才培养,加快交叉学科人才梯队建设

(1)加大创新型人才培养力度,提高优秀人才激励水平。建立健全智能电网科技人才队伍建设的常态化机制,大力培养基础理论、关键技术、企业经营管理等领域的顶尖

人才;优先推荐智能电网关键技术领域的顶尖人才进入国家“千人计划”、“长江学者奖励计划”等,形成以中青年科学家为主、老中青三代结合的高层次科研人才梯队。

建议逐步完善科学技术、知识产权等要素参与智能电网投资和收入分配的激励制度,多方融资设立智能电网基础研究专项经费,促进基础理论和关键技术的研究,重点资助发展潜力高、自主创新能力强的优秀研究人员。

(2)加强综合学科体系建设,促进跨学科人才队伍建设。建议国家设立智能电网学科指导委员会,统筹建设智能电网学科建设;鼓励材料、信息、化学、机械、电力等学科的交叉与融合,实现智能电网关键基础理论和尖端技术的突破性创新。

建议建立高层次、创新型、跨学科科技人才发展专项资金,支持高等院校深化本科电气学科教学改革,制定跨学科、跨专业培养方案,创新研究生人才培养机制和科研管理机制,开展校企联合办学,培养智能电网复合型专业人才。

4.4 加大政策保障力度,构建智能电网发展的良好外部环境

(1)加强法律法规建设,积极实施有关财税、金融等保障措施。建立健全智能电网法律法规,界定部委、地方、企业的职责与作用,实现智能电网统一规划、统一部署,科学、高效、开放、稳步发展。

制定相对宽松的金融政策,鼓励社会资本、国际资本、金融资本、风险投资等积极参与智能电网建设;实施积极的财税政策支持电动汽车动力电池关键技术研发;加大经济补贴力度引导电动汽车消费;增加政府智能电网领域科技计划投入,建立智能电网研发专项基金,支持智能电网交叉学科基础研究。

(2)加大政策导向和扶持力度,积极实



中国科学院

施关键技术规模应用的保障措施。建议设立政府智能电网领域采购专项预算,提高新技术、新设备推广初期政府采购的比重,促进电动汽车、节能家电的大规模推广应用;加快电价机制改革,建立储能投资回报机制,促进电动汽车的推广应用,为用户和电网双向互动创造优越的外部条件;制定和实施新能源发电产业扶持政策,推行清洁能源“绿色证书”制度,逐步淘汰高耗能、高污染的发电企业,提高可再生清洁能源发电的比重。

5 我国发展智能电网对产业带动的相关建议

中国智能电网建设将推动如下相关产业的发展。

(1) 新能源装备与产业。建议针对大规模风电、太阳能接入电网的需求,统筹规划电网布局,扩大可再生能源的消纳,重点扶持技术创新能力强的国内可再生能源设备整机制造企业,全面提高国产可再生能源设备零部件的技术水平和制造能力,实现可再生能源装备国产化。

(2) 电动汽车产业。建议进一步完善研发体系,推动自主创新,掌握电动汽车(包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车)的车载储能技术、先进驱动技术、动力总成控制技术等技术,摆脱我国电动汽车发展关键技术受他国制约的局面,提高技术源的自给能力。

合理规划电动汽车产业发展链条,加强

产能及产能利用率的监测,引导资源合理配置,防止产能过剩。

加强产业支撑的标准体系、检验检测体系以及产业配套体系建设,增强电动汽车其他部件生产企业的研发实力,赶超或达到国际领先水平。

加快电动汽车公共能源供给系统的建设,积极开展电动汽车充电站示范工程,推广应用车电分离、电池租赁、整车租赁等新型产业发展营销模式。

(3) 智能配用电装备与产业。鉴于我国目前配电与用电侧的智能化水平还处于初级发展阶段,关键支撑技术不够成熟,在可靠性与经济性方面还不具备大量推广应用的条件。因此建议:国家加强基础及应用基础研究的投入,制定各种财政扶持与税收优惠政策,循序渐进地促进智能配电与用电技术的推广应用;重视技术标准建设,以利于在相关技术领域的国际竞争中获得先机,增强国际话语权;紧密结合国际智能电表发展,增强我国智能电表企业自主创新能力,加大研发投入,掌握关键技术,在新技术和产品创新方面赶超国外先进水平。

(4) 智能电网信息产业。支持智能电网各环节、各层次所需的信息采集、传输、存储、处理、集成、展现、安全和运行保障等多方面基础装备产业的发展,为构建智能电网统一信息平台提供技术支撑。