科学时报

区域周刊

Region Weekly

■2009 年 8 月 10 日 ■周一出版 ■第 92 期 ■编辑部电话：010-82618207 ■电子信箱：region@stimes.cn

编辑视点

智能电网："好事"仍需"细磨"

5 月 21 日，国家电网公司首次向社会公布了智能电网的发展计划，并初步披露了建设时间表。根据这项计划，智能电网在中国的发展将分三个阶段逐步推进，到 2020 年建成统一的坚强智能电网。

由于国情、发展阶段及资源分布的不同，中国的智能电网和美国的智能电网在诸多方面存在差异。美国发展智能电网重点在配电和用电侧，推动可再生能源发展，注重商业模式的创新和用户服务的提升；中国智能电网则包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度共六个环节，具有信息化、数字化、自动化、互动化的特征。

奥巴马上任后提出的能源计划，特别提出耗巨资对现有电网系统进行升级换代，建立横跨 4 个时区的统一电网，发展智能电网产业，不仅基于美国电网设备的落后，更基于通过智能电网建设将美国拉出金融危机泥潭的考虑。

今年 1 月，《科学时报》首席经济学家武建东提出互动电网的概念，简单理解即以智能电网技术为基础，通过电子终端将用户之间、用户和电网公司之间形成网络互动和即时连接，实现电力、电讯、电视、远程家电控制和电池集成充电等多用途的开发。

诚如武建东所建议的，我国要超越欧美，出其不意方可制胜。这个战略突破口就是互动电网，互动电网应该超越特高压，成为中国电力发展的首要目标，成为中国抢占未来能源革命制高点的历史机遇。反思我国现有的能源战略，他的观点更具有前瞻性。

中国谋划 智能电网建设

何光宇 / 供图

本版稿件采写：张林 魏荣川

2006 年，美国 IBM 公司与全球电力专业研究机构、电力企业合作开发了智能电网解决方案，使电力公司可以自动监控电网、优化电网性能、防止断电、更快地恢复供电，消费者也能参与电力使用的管理，标志着智能电网的正式诞生。

今年 5 月 21 日，国家电网公司首次向社会公布了我国智能电网的发展计划，并初步披露了建设时间表。根据这项计划，智能电网在中国的发展将分三个阶段逐步推进，到 2020 年建成统一的坚强智能电网。

《科学时报》记者在采访中发现，无论从什么角度看智能电网，从什么途径实现智能电网，以及从哪些领域分切这块蛋糕，各界颇费思量。目前能够明确的是，智能电网的诞生，预示着一场巨大的电力革命、技术革命、产业革命的来临。

国网频动

智能电网一出，标明中国电网现代化的新方向。

自 5 月推出坚强智能电网规划，7 月予以细化并进一步明确为统一坚强智能电网，国家电网公司（下称国网）没有急于统一概念、平息争论，而是在技术标准及业务市场方面积极筹备、稳步推进。

据称，备受关注的智能电网技术标准计划最快将于今年底出台，相关后续规划出台时间尚不明朗，但技术标准体系的建设已展开。

根据国网统一坚强智能电网建设的时间表，发展规划将于 2010 年前完成制定，并开展关键技术设备的研发和试点工作；到 2015 年在关键技术和设备上实现重大突破和广泛应用；到 2020 年全面建成坚强智能电网。

此前，国网两大科研院已迅速启动相关标准的制定工作。国网电科院有关人士介绍，院里已牵头完成了智能电网调度技术支持系统总体设计以及《智能变电站技术导则》。国网将加大南京电网建设和改造的投资力度，并把南京作为其重要的智能电网科研和产业基地。

中国电科院则成立了智能电网研究开发中心，着手编制《智能电网的运行与控制关键技术研究框架》。

同时，国网在建的国家电网计量中心，将在电能质量及节能领域开展研究及检测。筹建中的上海世博园智能电网综合示范工程，也以宣传智能电网的新理念为主，起试点先行的作用。

在业务市场层面，国家电网公司收购国内重要电力设备企业——平高电气与许继电气几成定局。此举被视为国网延伸产业链、为智能电网提供优质输变电设备所采取的重要步骤。

这一切都可看作国网为智能电网建设先期铺路之举。

统一坚强智能电网，以统一规划、统一标准、统一建设为原则，以特高压电网为主干网架，强调各级电网协调发展，以信息化、数字化、自动化、互动化为特征。对此，国家层面已明确表态：支持探索符合国情的智能电网发展道路。

中国科学院院士、清华大学教授卢强表示，智能电网是世界电网发展的趋势，中国具有后发优势和强大的电力工业基础，在智能电网建设上有理由走在世界的前列。

着力清洁能源

建设统一坚强智能电网，必须与清洁能源发展紧密结合。以清洁能源或者可再生能源利用为着力点，这也是此前美国及欧洲国家发展各自智能电网的重要内容和方向。

对此，国网大胆预测，到 2020 年，我国风电、太阳能发电、核电、生物质能发电装机将占电力总装机的 17%左右，而清洁能源总装机将达 35%。

专家分析，17%的新能源装机比例与尚未出台的新能源振兴规划中的目标数据大体一致。

清华大学电力系统研究所副教授何光宇介绍，我国智能电网比其他国家发展得晚，模式上也有所不同，但目标一致，都是为了节能减排、利用新能源、提高能源使用效率。"电网作为能源基础设施，应该为国家的可持续发展、为节能减排作出贡献。"他强调说。

中国科学院电工研究所所长肖立业研究员认为，在我国能源资源和负荷资源分布不均衡的格局不发生重大变化的前提下，全国电网联网的格局将长期存在，因此智能电网的着眼点应放在可再生能源发电的大规模利用上，电网该考虑大规模接入新能源发电的问题了。

记者采访发现，虽然目前受国内电网发展滞后的影响，新能源发电上网瓶颈短期内不会有大的突破，但各界对智能电网的发展必将推动新能源大规模利用均持肯定态度。

我国电网发展战略以"一特四大"为内容，即以 1000 千伏交流和±800 千伏直流构成的特高压电网为主干网，主要用于大水电、大煤电、大核电、大型可再生能源基地的集约化开发和资源的优化配置。

统一坚强智能电网，融合了输电侧依托特高压的"集中式"能源供给和配电侧依托终端用户的"分布式"能源接入为主，而分布式能源建设将更方便新能源电力的接入。

何光宇指出，我国电力能源分布不均衡的趋势将长期存在，东部地区的负荷还会继续增长，但沿海城市有一个好处，有风能资源，可以发展海上风电。海上风电的发展对当地电能建设将有很大的帮助。

智能电网计划的推出，再度激发了新能源企业对行业发展的热情。

华锐风电科技有限公司驻包头的项目经理邵华告诉《科学时报》记者，国家能源整体发展一直向新能源倾斜，智能电网必然会推动风电上网的步伐，虽然在技术层面仍有一些问题没有解决，但"技术问题总会得到解决的"。

他介绍，作为国内最大的风机整机生产商，华锐正在积极拓展海上风电项目，仅在江苏盐城建设的国家级海上风电装备研发中心即投入 20 亿元，位于盐城风电产业基地的研发大楼即将竣工。公司对未来风电产业的发展满怀信心。

"坚强"不容易

无论何种形式的电网，"清洁"只是其基本要素之一，更为关键的要素还包括安全和高效。目前国内外对如何建成智能电网并没有明确而完善的思路，主要还是看技术手段以及政策、市场的情况，但最终的检验标准仍是能否使整个电网运行得更加安全、高效、清洁。

"包括特高压、新能源、电动汽车、超导电缆等，各种节能减排技术运用到电网之后，一个主要问题就是如何保持电网运行得平衡稳定。这就需要是一张'坚强'的电网，即不论什么技术接进来，电网依旧能够保持安全可靠优质的运行；还有就是灵活，就是各种技术都能'即插即用'接入进来。"何光宇说。

事关我国未来电力发展方向，国家电监会有关人士曾多次强调：电监会最关心电网安全可靠性是否加强了，建设成本和输电效益能否得到应有的体现。

该人士在谈及智能电网未来实现途径特别是针对本报首席经济学家武建东提出"互动电网"模式时更持谨慎态度，因为发展智能互动电网将涉及现有管理体制、价格机制、定价方式等的重大变革，实现起来必将困难重重。

国网中国电力科学研究院有关专家也认为，中国的统一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电网为基础，将融合现代化先进的传感测量技术、通讯技术、信息技术、计算机技术和控制技术等尖端技术，实现起来并不容易。

中国的智能电网主要包括发电、输电、变电、配电、用户、调度等环节。其中发电涉及风电、光伏接入、分布式电源建设等技术领域，输电涉及互济、超导、特高压、网架等，配电涉及微网、虚拟电厂、先进电表网络设施、需求侧响应等，用电涉及智能电器、用电自动控制、电动汽车、储能技术。 （下转 B4 版）

中国科学院院士、清华大学教授卢强：

建多指标、自趋优的智能电力系统

一个新概念的提出，宜先作周密的理性分析，然后得出自己的符合科学的理念和方法论，对当前的智能电网就应该如此。

中国有时对自己的科学成就研究理解不够，当国外特别是美国提出一个新概念，我们有时会盲目跟风，但往往没有落实到我国的支撑产业和支柱技术上，造成与国情不符、多走弯路的结果。我国电力系统最优控制领域的开拓者，中国科学院院士、清华大学教授卢强表示，这是他担心出现的局面。

"美国总统奥巴马提出建设美国的智能电网（Smart Grid），他强调的是'网'而不是'系统'。美国厂网截然分开，竞争大于合作，这种模式本身存在缺陷。"卢强指出，厂网分开在技术上是讲不通的。需要端正这个概念，"厂网分营，统一调度"的表述才比较全面，中国发展智能电网也应遵此理念。

清华大学在 10 年前就提出建设中国的数字电力系统（DPS，Digital Power Systems），当时已有明确定义及研发方向。卢强认为，如果照此建设，就是一个包括发电厂、电网和用户的智能电力系统。

中国更应该建设智能电力系统（Smart Power Systems），而不是局限在智能电网上。卢强持此明确的观点，他对《科学时报》记者阐述了智能电力系统的概念和内涵。

他强调，我们应该从更高层面即国家层面考虑我国电力系统的未来发展方向，出发点是国家和人民利益的极大化。

多指标、自趋优的智能电力系统

卢强给出一个简洁的定义：一个具有多指标自趋优（自动趋于优化）能力的电力系统或电网即可称之为智能电力系统或智能电网。

我国电网运行实行统一调度、分级管理，调度机构分为五级：即国家调度中心；跨省、自治区、直辖市的区域调度中心；省级调度，地区调度（地调）和县级调度，分别对应名称为国调、网调、省调、地调和县调。

卢强介绍，各级调度机构对管辖范围内的电网进行调度时，其欲优化的指标体系及其侧重点各有不同。而智能电力系统的定义则适合于所有电压等级和每一层级的调度。

比如网调，以华东电网调度为例，其首先考虑的是安全稳定性。2003 年美国"8·14"大停电导致其东北部、中西部和加拿大南部电网整体崩溃，华东电网所辖的长三角地区如果出现类似事故将不堪设想。

其次是电能质量的达标，涉及各节点电压、电网频率、谐波含量达标等方面。

还有，同样重要的是经济运行，主要是电网线路损耗最小化，以利于节能减排，对环境友好。

他指出，多指标的集合是个开放式的集合，主要包含安全、质量、经济三个要素，还可以增添其他。只有这些指标综合自动趋于优化才能够称之为智能电力系统或智能电网。

如何实现自趋优？必须依据 IT 技术和新的控制理论。信息科学技术的范围很广，其中包括精确的量测系统和快速的信息传递系统以及计算机科学和技术。稍仔细一点来讲，各级调度控制机，接收来自物理电力系统的海量信息并快速进行分析、形成控制决策、下达并实现控制决策，从而改善系统状态，直至实现多指标综合优化之目的。而这一切都应是通过计算机系统自动闭环进行的。

混成控制理论的应用

然而，达到自趋优的目标并不容易。在基础研究方面，如何实现多指标的综合优化，目前在数学界仍是一个难题。于是，我国科学家开始自己摸索、创新，并形成一套新的控制理论——混成控制理论。

此名称借用了军事上混成建制的概念，是清华大学在科技部"973"项目支持下历时 5 年研究完成的。而这一创新的源头正是卢强院士。 （下转 B4 版）

中国科学院电工研究所所长肖立业研究员：

注重大规模利用可再生能源

美国及欧洲国家的智能电网建设都以可再生能源的利用为基础，并实现发电、输电、配电和用电体系的优化管理。我国可再生能源资源具有规模大、分布集中的特点，需要走集中开发、规模外送、大范围消纳的发展道路，因此发展以特高压电网为骨干网的智能电网模式更利于实现各种清洁能源的高效、安全利用，提高可再生能源在现有能源结构中的比重。

智能电网将如何影响新能源产业？我国建设智能电网的主要障碍、瓶颈及突破口在哪里？就上述问题，《科学时报》记者专访了中国科学院电工研究所所长肖立业研究员。

记者：目前智能电网在国际上的发展趋势如何？我国坚强智能电网的建设重点应在哪里？

肖立业：随着自动控制技术和信息技术的不断发展，事实上电网一直在向智能化方向发展。当前提出建设智能电网，是电网技术发展的必然结果，是量变基础上的质变，是电网技术的一次飞跃。我国电网经过多年的发展，具备了一定的技术及装备基础，

为实现电网技术的重大变革提供了很好的条件。随着将来能源结构的大调整，特别是可再生能源大规模利用的趋势日益明显，智能电网的建设将更加迫切和重要。

中国的能源资源及负荷资源分布的不均衡性决定了要发展统一的智能电网。考虑到未来能源结构的重大调整，我国能源资源和负荷资源分布不均衡的格局也不会有重大变化，全国电网联网的格局在长期内仍然存在。因此，智能电网的着眼点应重点放在可再生能源发电的大规模利用上，电网要考虑如何接入新能源发电，并考虑到新能源汽车发展的重大需求。

记者：我国目前在智能电网建设上存在哪些短板或者障碍？

肖立业：智能电网的基本情况大体上是有共识的，但未来可再生能源大规模利用时，可再生能源发电电站和电网的统一规划建设及储能系统等还有待于进一步研究和确定。

与我国传统的电力系统发、输、配、变、用及调度各个环节相对独立的纵向联系不同，智能电网更强调各环节的横向实时互动，这在技术层面可以逐步解决，但在管理上则需要更多的突破与创新。智能电网要实现用户与电网互动，推广实时电价，需要给电力用户较多的适应时间。为了促进智能电网技术的发展，今后也许需要像制订可再生能源法那样，制订有关法律，来推动相关新技术的应用发展。

记者：发展智能电网的主要技术瓶颈有哪些？应重点在哪些方面寻求突破？

肖立业：智能电网是未来电网发展的目标，是多种技术体系综合应用的结果。

在目前亟待解决的技术瓶颈中，大规模储能技术是关键之一，不能很好地解决储能问题，智能电网的发展就会受到阻碍。此外，电动汽车充电站作为未来电网中用电最大的负荷之一，电动汽车电池技术的突破，不仅可以带动电动汽车快速发展，还可以利用电动汽车充电站来消纳部分可再生能源发电，并针对可再生能源发电的不稳定性进行功率调节。

考虑到未来在西部要建设大量可再生能源发电站，建设超大容量的高效输电走廊将涉及到一系列的关键技术，如超导输电技术等。

分布式电网技术是可再生能源利用的一种有效的方式，基于可再生能源的分布式电网及其并网技术也是智能电网技术的重要组成部分。大规模新能源发电特别是风电上网难的问题一直没能彻底解决，这又涉及一系列技术难题。此外，智能电网要知道实时发电量和用电量，因此还涉及可再生能源资源的短期预测技术；要实现电网各个环节的实时互动，还涉及到电网的时间同步等技术。

清华大学电力系统研究所副教授何光宇：

成本与技术是智能电网建设的关键

我国智能电网发展模式与欧美国家虽然存在差异，但也有较多相近之处，例如注重电网智能化改造、分布式能源建设、发展清洁能源等。清华大学电力系统研究所副教授何光宇在接受《科学时报》记者采访时表示，利用新能源，提高能源使用效率，减少环境污染，实现可持续发展，则是大家共同的目标。

何光宇认为，我国智能电网建设不仅会推动现有电网升级、资源优化配置，还将带动相关产业发展，带来可观的经济效益。但在实施过程中，需要注意效益和成本的比较，以及新技术与电网融合的问题，以保证电网安全高效稳定的运行。

记者：国家电网公司提出的坚强智能电网与美国、欧洲的智能电网有什么不同？国外智能电网发展模式有无可供借鉴的地方？

何光宇：目前我国的智能电网比其他国家发展得稍晚一些，模式的不同之处在于我们国家更加强调特高压以及资源的分布不均衡，欧洲则强调分布式能源。总的来讲，无论是国外或是国内，它们本质上还是有很多共同的地方，主要是为了节能减排，利用新

能源，提高能源使用效率，减少环境污染，坚持可持续发展。

例如英国刚刚发布了一个《英国低碳转换计划》的国家战略文件，美国也有相应的政策方案，包括排放权交易制度，我感觉国外在政策上的支持力度比国内大。但在具体的措施方面我国应该根据国情和发展阶段的不同采取相应的办法。比如国外电网发展比我们更成熟，另外他们的负荷增长的趋势远远比不上我国的负荷增长趋势，我国 GDP 每年都保持 8%以上的高速增长，这也需要大量的能源来源快速跟上。这样比较起来可能会有一些不一样的地方，但大的趋势还是怎么样用更少的能源更好地满足更多需求。

记者：您认为智能电网和互动电网有什么关系？我国发展智能电网存在哪些障碍？应该怎样建设？

何光宇：无论互动电网或是智能电网，它们都是对下一代电网的一个展望或者美好愿景，从本质上讲，互动电网还是侧重节能和减排两个方面，节能强调新能源的接入和基本能耗的不断降低，减排强调降低温室气体排放等，目的都是一样的。

我认为中国发展智能电网，面临的主要挑战或障碍就是电价和排放权。无论是电动汽车接入还是新能源接入，目的都是节能减排和可持续发展，但如何提高各方参与的积极性，政策的支持很重要。这就要求一方面从电价方面有所体现，另一方面要从排放权上有所体现。

对智能电网的建设，我建议采取因时因地制宜的原则，对于目前实现成本过高的部分先不做，先做成本较低的部分。我认为目前可做的主要是两方面的问题，一个是风电场的风电的大规模接入问题，另一个是电动汽车的应用问题。至于大规模更换用户电表（更换成智能电表）等问题，一方面涉及费用高，其带来的效益还不明朗，所以不必急于去做。

记者：特高压电网建设与分布式能源建设是否矛盾？智能电网建设应如何实现特高压电网与分布式能源的有机结合？

何光宇：我个人认为两者不矛盾。我对智能电网的定义是能够支持节能减排技术大规模应用的电网。电网作为能源基础设施，应该为国家的可持续发展、节能减排作出贡献。那么，如果特高压输电网能起到资源的有效配置作用，且技术较为成熟，在成本和效益比较之后也可行的话，就值得积极发展。分布式电源也是一样的道理，要考虑成本与效益，还要看技术是不是成熟。

节能减排技术很多，像特高压、分布式能源接入、高温超导电缆等都是节能减排技术，这些技术是否要接入电网，一方面要进行成本与效益的比较，另一方面要把它放到电网大系统中考虑，这就涉及到该技术的成熟度。

（下转 B4 版）

主　　编　郑金武
本版责编　张赋兴