

智能电网技术标准体系研究进展

文 / 中国电力科学研究院 白晓民

智能电网是世界电网的发展趋势，是未来电网的发展方向。面对新形势，国家电网公司在2009年提出了“坚强智能电网”的发展战略，建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，具有信息化、自动化、互动化特征的自主创新、国际领先的坚强智能电网。

在智能电网建设进程中，标准的制定至关重要。标准是指引智能电网发展建设方向的灯塔，标准制定首先要建立系统的技术标准体系。体系是一个系统的基本组织方式，即系统的各个组成部分之间、组成部分与环境之间的相互关系，以及指导系统设计和发展的原则。

智能电网工程和技术标准制定需要考虑的问题

智能电网工程和技术标准制定要综合考虑系统架构、通信与信息安全以及各领域专家意见。考虑要点有：①智能电网设备与系统的互操作。②社会是否接受，是否有工程应用前景。③重点考虑接口关系，以便于集成和促进灵活实施。④多方产品和系统的文件和维护。⑤促进自由和创新的产品规范和互操作。

智能电网工程和技术标准制定要考虑两个并行方向：确定用户的需求和使项目满足规定的标准。要重视各种方案解决的需求问题，也要以标准和规范指导项目的开发，可以从研究对象的外部 and 内部来加以分析。在项目或工程初始阶

段，标准将强调用户的需求（从外部看），需要电力企业、用户、监管机构和所有有关领域的代表提出他们的要求，必须使用针对用户需求的标准；工程后期适当地使用标准来指导技术设计和规范（从内部看），使得系统设计人员和集成人员能够实现可交互的，动作协调的，甚至可以互换的装置和系统。

重视顶层设计与系统规划，解决跨领域的系统设计。技术标准首先需遵守国家层面的相关法律法规，其次需满足行业层面的导则与规范。通过顶层设计与系统规划，推动导则与规范的补充完善，促进相关法律法规的制订修改，使法律法规、导则规范能适应智能电网发展建设的新需要。智能电网顶层设计与系统规划强调的是互操作性，需要从电力系统、通信与信息技术几个不同视角考虑互操作模型，整个系统由领域（domain）、实体（entity）和接口（interface）或数据流（data flow）构成，分别确定各环节间传递的逻辑信息，确定接口的传递手段，并确定数据类型，以满足对数据的特性要求。

智能电网技术标准体系规划

智能电网技术标准体系构建原则：系统性、逻辑性、开放性。国家电网公司提出的智能电网技术标准体系包括8个专业分支、26个技术领域、92个标准系列和若干项具体标准、规范。技术领域划分的主要原则，是关注智能电网各环节的重

点发展方向，着重体现“信息化、自动化、互动化”特征，优先服务支持智能电网试点示范工程。标准系列按照基础与综合、工程建设、运行与检修、设备与材料的逻辑关系划分。标准体系框架如下图所示。

智能电网技术标准制定。截至2011年底，国家电网公司制定发布企业标准166项，包括《风电场接入电网技术规定》、《智能变电站技术导则》、《智能电能表功能规范》、《用电信息采集系统技术标准》等多项技术标准或技术文件。完成了试点所急需标准的制定工作，有力地支撑了智能电网工程建设。

《智能电网技术标准体系规划》修编。2011年，智能电网进入“全面建设”阶段。为进一步做好对国家电网公司智能电网标准化工作的指导，国家电网公司智能电网部组织中国电科院等单位50余位专家，于2011年5月启动了《智能电网技术标准体系规划》的修编工作。在全面总结国家电网公司智能电网标准化工作建设成果的基础上。修编工作主要包括以下内容：

1) 围绕智能电网全面建设的实际需求，对标准体系框架中的个别技术领域和标准系列进行了优化调整。例如对“通信信息”专业中“智能电网信息基础平台”和“智能电网信息应用”技术领域的标准系列进行了优化。调整后，标准系列数量减少了4项，但与智能电网的

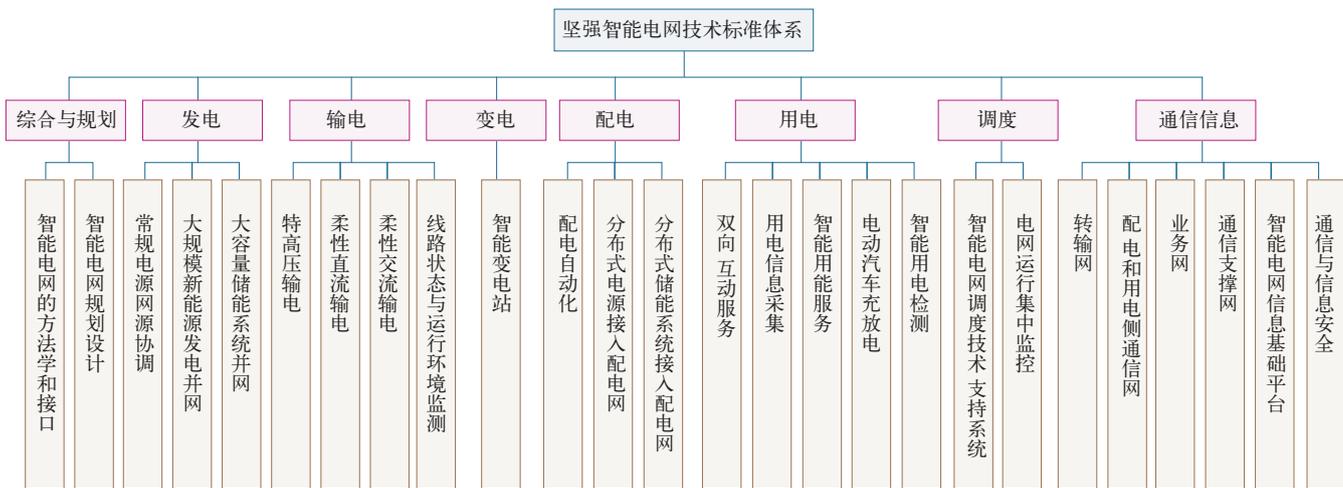


图 智能电网技术标准体系框架

关系更加密切。

2) 滚动更新了已采用的标准名录, 补充了已列入计划正在制定的标准名录。

3) 结合智能电网“全面建设”阶段智能电网标准化工作的战略目标, 提出了十二五”期间标准系列的制(修)订计划。

4) 推荐了第二批智能电网核心标准7项。

近期智能电网标准研究重点和国际化工作

针对国际标准领域的研究热点问题和空白, 我们近期的研究重点工作包括: ①完善标准体系, 制定可行的标准制定计划和技术路线图。通过总结试点/示范工程经验, 分析需求差距, 建立反馈与修正标准的合理机制, 组织形成专题工作组, 与专业标准委员会协同开展标准制定工作。②推进标准国际化战略和重点方向研究。特别是风力发电、电动汽车、配用电、微网以及用户侧等。③间歇性电源接入电网的技术标准研究。包括大规模间歇式能源的联网计划和运行控制, 电动汽车充放电和联网运行控制, 用电侧标准分析研究, 储能装置联网

运行控制等。

(1) IEC PC 118工作

为加强智能电网标准化工作, 发挥我国在智能电网用户侧相关领域的技术优势, 提升我国在智能电网标准化领域的话语权, 国家电网公司国际部组织专家通过国标委向IEC提出成立用户接口项目委员会并制定该领域标准的提案。2010年5月, 向IEC提交了三个关于智能电网用户接口提案。提案一: 智能电网与用户侧智能设备信息交互接口。提案二: 用户侧电源与电网交互接口。提案三: 智能电网需求响应。由于该提案涉及国际上重点关注的智能配用电技术领域, 得到了IEC众多TC的广泛关注和讨论。

目前IEC PC 118用户接口项目委员会已获准成立, 秘书处设在中国。在IEC PC 118下设立两个工作组, 分别研究制定用户侧智能设备与电网连接的信息交互接口和用户侧电力需求响应标准。2012年2月在天津召开第一次会议, 2012年5月将在加州召开第二次工作组会议。相关用户侧电源与电网交互接口的工作由我国专家任召集人在TC 8下组建工作组, 研究制定相关用户侧电源接入电网的标准, 近期将召开工

作组的首次会议。

(2) 智能电网与用户侧智能设备信息交互接口

面向用电侧的智能楼宇用电设备、智能家居系统、用户侧分布式电源、电动汽车等各种设备与电网连接信息交互接口。从电网的角度对信息交互接口的相关内容进行了定义和描述, 以满足电网对各种用电侧智能设备的监控和调度需求, 并使得各种用户侧智能设备与电网协同运作, 从而为用户提供统一、高效、安全的用电侧服务, 提高电网的安全稳定运行水平。适应各种应用功能和未来扩展需要, 满足开放性和交互性要求, 保证系统和设备的安全性。

通过采用面向对象建模技术对用户侧智能设备的信息交互进行数据建模和描述, 并规范名词术语、交互模式、数据格式、通信协议及安全防护等内容, 以适应各种应用功能和未来扩展的需要, 满足开放性和交互性的要求。

(3) 用户侧电力需求响应标准

现有IEC标准主要是针对计量、计费 and 负荷管理设备和部分数据交换标准, 不能满足电力需求响应开展的需求。电力需求响应与

DEMS、AMI、HBES/BACS等密切相关，需求响应通过实时负荷管理，实现一段时间内的电能量平衡，目前相关标准尚空白，不利于电力需求响应技术的发展。为实现用户侧各智能系统与电网进行实时互动的需求响应，需要规范电力需求响应信息交互模型及相关技术要求。

标准将涵盖智能家居、智能用电楼宇、电动汽车及分布式储能等领域，规定用户侧电力需求响应中各智能系统与电网交互的统一通信模型，规范各系统与电网进行交互的基本功能、物理接口、性能指标、调度原则与方法等内容。具备开放性，满足扩展需要，满足安全防护要求，确保各系统的安全。

IEC SG3工作进展

2009年4月29日，IEC SG3工作首次会议在法国巴黎召开。中、美、德、法、意、日、英、韩、荷兰、瑞典和瑞士等国家的13名代表参加了会议，巴西和加拿大代表缺席会议。主席由Richard Schomberg担任，秘书是Peter Lancot，他同时任最近新成立的SG6（电动汽车战略工作组）的秘书，专家由西门子、施耐德、GE等公司、电网公司、高校及监管机构等方面的人员组成。2012年IEC—20120311—Atlanta召开IEC SG3工作会议。ITU，ISO/IEC JTC 1派代表参加了会议。会议对智能电网标准体系路线图，系统工程方法和标准开发工具等问题进行了系统的讨论。

IEC战略工作组在积极推进系统工程方法来确定用户需求的同时，采用Use case分析方法和Mapping Chart标准管理工具来指导标准的开发工作，同时，正在世界范围内征集意见，开展标准体系路线图的修订工作，并对今后5到15年

的智能电网发展和标准开发做出展望。

(1) IEC 智能电网标准体系路线图

IEC SG3在2010年6月提出了第一版的路线图，路线图系统描述了信息系统体系结构、SOA架构等概念，特别指出了IEC61850、IEC61970和IEC61968在信息模型完全映射的重要性和IEC62357、IEC62351在信息安全方面的重要性。

其中，按照13个专业分支对标准现状和存在的空白进行了详细的描述，包括：智能输电系统、EMS系统、高级配电系统管理、配电自动化、智能变电站自动化/过程总线、分布式能源、高级计量计费和网络管理系统、需求响应/负荷管理、智能家居和楼宇自动化、储能、电动汽车、状态监测和可再生能源发电等。

IEC的路线图提到了微网接入、光伏发电，在EMS分支领域提到了广域量测系统、系统集中保护策略等，提出了高级EMS体系架构，及各标准在此架构中的相互关系。指出了时间同步方面的差距，在IEC61970、61850、IEEE C37.118等标准的完全映射。

IEC路线图在附录中详细列举了36个现有标准。

(2) 系统工程方法

系统工程方法虽然已经发展得十分成熟，但要在电力系统中应用还是面临前所未有的困难。首先，电力系统处于连续运行状态；同时，电力系统既要继承原有的庞大系统结构还要不断地发展，智能电网建设将是一个多年持续发展过程。其次，系统各环节有不同部分侧重和责任，针对智能电网的发展和使用时都将有不同的选择。第三，需要对嵌入部件具有完全不同

生命周期的设备进行管理。

系统工程方法是智能电网体系架构的一部分，是应用系统工程的概念，为电力系统领域专家在自动化系统中确定和描述用户需求制定的一套方法。在IEC/PAS 62559文件中，将确定能源系统中确定用户需求的方法称为智能电网方法。

智能电网方法从“技术规范”中分离出“用户需求”的概念：用户需求只确定需要是“什么”而不涉及任何特定的设计或技术，而技术规范则确定“如何”实现系统以满足用户需求。该方法系统介绍了确定用户需求的整个过程和要求，包括负责人确定业务需求和项目计划，领域专家用用例进行用户需求建模，项目工程师制定详细的用户需求体系等。整个过程涉及系统架构设计、技术选择和工程迭代的工作流程。

(3) 开发和利用新的系统分析工具

IEC SG3提出并开发了Mapping Chart Tool。主要特点为：①从功能的观点和角度来分析标准，而不是仅是描述设备之间的关联关系。②将智能电网分成子系统，组件（Components）和数据接口。③通过分层数据库方法解决复杂性问题。④通过开发工具将需求、量值、结构和标准关联起来。Mapping Chart Tool的最终价值将体现在它是管理整个IEC智能电网技术标准有效工具。

利用Use Case做标准研究和开发

国际上普遍重视Use Case的研究工作。认为该方法是软件工程和系统工程的方法，能有效地支持应用。主要特点为：①开发系统或子系统的用户功能需求。②用例提供

(下转第44页)

成本效益和经济利益以及影响。

分布式能源高效利用和大规模可再生能源的接入，是智能电网的一个重要特征，在未来的几年内，越来越多的分布式发电新技术将被用到电力系统中。如果这些分布式能源在电力系统中的采用很少，并只对一小片区域的系统负荷供电，则其对电力系统的动态行为影响不大。因此，在电力系统长期动态和暂态稳定研究中，这些新技术通常被看作是一个向系统提供电力的负荷，不考虑其固有的动态。但是，如果大量这些新的发电技术被用到电力系统中或替代原有的发电，其将对系统的整体行为产生重大影响。在此领域，还需突破系列关键技术研究和产品开发应用。

首先有必要研究分布式发电技术问题以及分布式电源在网络中的选址问题，确定电源选址的有利因素和控制算法，因为合理的配置分

布式电源可以最大化系统的可靠性，而且孤岛的安全运行是提高系统可靠性的关键问题，同时还要研究寻求一种新的工具，用于衡量采用分布式发电技术之后给电力网络所带来的好处，如供电可靠性、电压支持、谐波抑制、动态稳定以及系统网损降低等。

另外，风电、太阳能等可再生能源存在间歇性、难于预测和可控性差的问题，为了保证高风电渗透率电网的安全稳定运行，需要研究时空协调的在线优化调度模型和算法。需要从时间尺度、空间尺度和模型认知三个方面展开高风电渗透率的电网在线调度和优化模型的研究。由于此类分布式发电的占有率（功率和电压）、位置和模型都将影响对电力系统动态行为的分析。因此，还有必要分析此类发电方式对电力系统暂态稳定、小干扰稳定以及长期稳定的影响。

为了充分发挥智能电网的潜在优势，对与智能电网运行相关的效益和成本分析进行适当认识、理解和估计，也将是一项非常重要的研究工作。例如，分布式发电技术的一个重要优点是它们可以在需求点或其附近满足其能量需求，从而减少了电力网络投资。但是，在经济评价和管理过程中往往低估了这一优点。另一方面，电网运行人员和用户经常分别关心的是智能电网技术对电网运行管理和供电可靠性的影响。因此，为了公正地评估和比较智能电网和分布式发电技术，有必要研究一个精确的、清晰的和创新的评估体系。此外，还有必要采用社会科学中普遍认可的案例分析方法来分析智能电网的社会影响问题，以消除为满足不断增长的用户需求和竞争激烈的工业需要而能源消耗不断增长环境下的社会关注及担忧。EA

(上接第39页)

一个或多个场景，表明系统如何与用户（角色actor）交互，以便完成特定的商业目标或功能。③角色可以是终端用户或其他系统。④通常避免技术分析，表明用户和领域专家意见，通常由商业分析师和终端用户合作完成。

无论是在开发和修改相关体系，还是描述接口、协议和数据格式，抑或是修改现有标准或制定新标准时，都需要具有高度系统化的方法。用例需要方法论和IT工具在以下几个方面支持：模板，用例管理，用例之间的互联，协调指导用户。

(4) 近期IEC SG3工作

近期IEC SG3工作主要有：①计划推出Roadmap2.0，从2011.6开始讨论，计划在2013年提出新的版本和体系架构，考虑中期(5年)

和长期(15年)的展望，并参考各TC和国家的意见进行修改。②密切跟踪Use Case工作组进展，推进Use Case方法的应用，选择和发布generic Use Cases，标准的Use Case模板；以Use Case做参考，提取需求等。③推进Mapping Chart的实用化工作。

其中中长期的展望还在征集建议和讨论中，从以下对长期分析要点可以看出国际上对智能电网的远期考虑：T+15可能涉及以下领域多个方面的工作：①进一步加强中压和低压网络中电网与联网设施的接口和交互的通信和控制（DER支持下的网络恢复，存储设施，中级的水和沼气，微观的电动车）。②大规模能量存储，氢能，Trapping the Wind，补偿大型风电场气候相关的输出。③即插即用，上传和下载能

量和相关信息，以及希望/需要的控制（智能家居与智能建筑）。④隐私、计算机安全以及安全与确保互操作。⑤网络调度机构与可发电用户（Proconsumer）、商业实体或交易商的交互，按规定提供专业指导和支持。⑥关于宏观、中级和微观层面的平衡与恢复，重点在中级和微观层面的自愈与自维持设施的混合系统方法。

智能电网建设涉及到能源基础设施建设，需要大量的新设备和新技术，也涉及系统范围的运行控制新问题，还包括服务模式和商业模式的创新。因此需要我们重视标准的研究和制定工作，在国家政策法规的指导下，积极参与并做好智能电网技术标准研究、产品开发和工程建设工作，促进智能电网建设的稳步和顺利发展。EA