



# 智能电网基本概念阐释

余贻鑫\*, 秦超

天津大学智能电网教育部重点实验室, 天津 300072

\* 通信作者. E-mail: yixinyu@tju.edu.cn

收稿日期: 2013-12-24; 接受日期: 2014-03-06

国家自然科学基金(批准号: 12&ZD208)资助项目

**摘要** 由于可再生能源开发利用的快速发展, 世界各国面临着可再生能源如何接入及充分利用等一系列问题, 而智能电网则是应对这些挑战的有效战略措施. 智能电网具有强大的功能、显著的综合效益和广阔的发展前景, 是世界电网发展的趋势. 但是智能电网不是一个单纯的技术问题, 它涉及许多重要的基本概念. 厘清这些理念对于科学高效地实施智能电网、对于技术创新和产业发展至关重要. 为此本文从智能电网的特点、智能电网的总体设想和技术内涵、与智能电网相关的技术、智能电网的近期与远期目标以及在实施智能电网时需要注意的事项等方面阐释了智能电网的基本理念.

**关键词** 智能电网 基本概念 可再生能源 分布式 智能电网技术内涵

## 1 引言

电网必须改革, 以改善电力输送效率, 整合可再生能源, 提高可靠性, 并加强生产者和用户的网络安全. 这一使命是由“智能电网”(smart grid, SG) 来完成的<sup>[1~6]</sup>. 在我国智能电网已成为国家的重大发展战略<sup>[7,8]</sup>, 电力公司已投入大量资金和人力来开展智能电网的相关研究与试点. 但是智能电网涉及许多重要的理念, 如果我们不结合中国国情厘清其中的核心理念, 就可能造成浪费或贻误时机. 本文试图归纳其中的核心理念, 并适当予以注释.

## 2 智能电网的特点

智能电网的特点是电力和信息的双向流动性, 以便建立一个高度自动化的和广泛分布的能量交换网络. 为了实时的交换信息和达到设备层次上近乎瞬时的供需平衡, 把分布式计算和通信的优势引入电网<sup>[5]</sup>.

关于智能电网特点的这一叙述, 从物理上对其做了十分明确的定义, 包括如下4个要点.

(1) 集成的能量与通讯体系. 在智能电网中不仅输电网支路上的潮流是双向的, 配电网支路上的潮流也可能是双向的, 所以整个电网都成了电力交换系统. 而且电所及之处都有可靠的双向通讯. 由于电能与其他能源之间的转换比较方便, 所以智能电网会成为智能能源网的核心; 而且由于智能电网的量测到户, 所以其信息通信系统也将为智能城市的建设提供契机.

(2) 高度自动化与广泛分布式. 目前对高度自动化这一点认识的可能比较多, 但是在广泛分布式这方面认识还不够. 当前, 电力消费不断上升, 燃料成本明显增加, 大规模停电更频繁地发生. 为何? 因为我们的电力系统基本上是建立在只包括集中式煤、水、核能和天然气的广阔的能源网基础之上的. 于是造成了如下的问题:

煤电占绝对比重, 不仅环境污染严重, 而且煤中所含能量, 转变成电能再输送到用户, 最终, 用户所接收到的电能不到煤中所含能量的 40%; 电网的投资很高, 网损大, 且供电可靠性不高, 难以满足未来数字化社会对电能可靠性和电能质量的需求. 国际分布式能源联盟 (world alliance for decentralized energy, WADE) 的统计数据表明, 在美国和欧洲, 电网的投资为 \$1380/\text{kW}\$, 高于电厂的投资 \$890/\text{kW}\$; 全世界电网的传输损失平均为 9.6%, 在高峰时段可达到 20%. 因此, 分布式电源就地直供可大大减少电网的投资、损耗和运行费用. 目前, 美国市区和郊区用户的平均停电时间为 140 分钟<sup>[9]</sup>, 欧洲城市是 40~70 分钟, 新加坡、香港和东京只有几分钟. 在过去几年中, 我国城市用户年均停电时间多达几个小时<sup>1)</sup>, 农村用户年均停电时间在部分地区甚至高达十几个乃至几十个小时. 而即将到来的数字经济 (所占比重迅速增加) 对可靠性和电能质量提出了很高的要求! 在美国, 每年不可靠的电力所造成的损失多于 1000 亿美元, 相当于用户每花 1 美元买电, 同时还得付出 50 美分的停电损失<sup>[10,11]</sup>. 美国电科院 (electric power research institute, EPRI) 开展了负荷对电网可靠性需求的预测, 结果表明, 未来 20~30 年内, 对供电可靠性要求为 99.999999% 的负荷比重将由当前的 0.6% 增加到 10%, 对供电可靠性要求为 99.9999% 的负荷将由 8%~10% 上升为 60% (可靠性为 99.9999% 相当于每年用户停电的时间为 0.53 分钟).

生态文明要求人类采用可再生能源, 如太阳能、风能等, 并且随着技术的发展, 风电、光伏等可再生能源发电的效率日益提高, 成本逐渐下降. 这些可再生能源天然分布式的, 应该注意分布式的利用. 并且实现燃气、电力、供热、制冷、友好排放的优化配置可使能源利用效率达到 80% 以上. 燃气发电机组具有较快的启停和功率调解特性, 可在一定程度上补偿风电和太阳能发电的间歇性、多变性和不确定性. 因此, 由冷热电联产的分布式利用、分布式可再生能源发电和储能等组成的广泛分布式电源来辅助集中式电源可缓解乃至解决这些问题.

目前, 分布式冷热电联供能源系统 (distributed energy system with compound cold, heat and power, DES/CCHP) 绝大部分是小型、微型的, 具有明显的经济效益, 在美国等发达国家其主要应用于“楼宇型”或“用户型”. 但在我国当前的天然气和设备价格下, 采用美国的方式是不经济的, 因此, 目前只建议在特殊需要的地方采用, 如海岛、边远地区和对可靠性要求高的部门等. 已建议开发“以百 MW 级天然气为基础的区域型分布式冷热电联供能源系统”, 该系统可以协同电网调峰, 并通过峰荷高电价和能源梯级高效利用而达到多赢——它也是分布式电源, 需要接入高压和中压配电网运行.

近来, 我们把“基于远离负荷中心的大规模风电基地的建设和通过‘风火打捆’方式集中远距离外送的模式”同“负荷中心分布式光伏发电直接并网的主动配电网模式”进行了比较. 结果表明, 随着光伏组件价格的大幅下降, 从全社会成本角度看, 目前后者已优于前者<sup>[12]</sup>, 因此, 当前国家重视分布式太阳能的利用具有其合理性. 而且当前我国配电网的裕量较大<sup>[7,8]</sup>, 在分布式电源渗透率不高的相当长的一段时期内, 依托现有电网智能化, 通过“主动配电网”模式来吸纳分布式光伏发电, 技术上是可行的. 分布式光伏发电虽然也可通过“微电网”模式实现与电网的无缝连接, 且从电网运行的角度看它是理想模式, 但由于目前分布式储能较贵致使其成本较高. 因此, 当前我国应该积极推进分布式光伏发电直接入网的主动配电网模式的研究、开发、试点与推广. 同时应该大力开展分布式储能的研究,

1) 国家电力监管委员会电力可靠性管理中心网站, <http://www.chinaer.org/info.aspx?n=20120724171938580722>.

以使其价格大幅度下降。

由于大量分布式电源的接入, 未来配电系统的运行将要求新的灵活的可重构的网络拓扑、新的保护方案、新的电压控制和新的仪表。因此, “如何处理数以万计的广泛分布的分布式电源和应对可再生的风能和太阳能发电的间歇性、多变性和不确定性, 同时确保电网的安全性、可靠性和人身与设备安全, 并激励市场”就成了未来电网亟需解决的问题。

电网运行需要满足负荷约束和和安全运行约束<sup>[13]</sup>。电网由于缺少经济可靠的储能措施, 目前还无法大量存储电能, 为了保障电网的安全稳定运行, 发电机发出的功率扣除网损后必须与用户消耗的功率时刻保持平衡。所以传统电网中发电厂是完全被动地适应负荷需求的, 电网也是按照全年峰值负荷时的需要建造的, 因而电网资产的利用率低下。但是用户系统中存在着大量能与电网友好合作的可平移负荷(如, 热水器、空调、电冰箱和电气车辆), 在实时电价的激励下它们可能与电力公司互动, 实现电网负荷的错峰填谷, 帮助电网提高资产利用率和运行效率。在紧急情况下, 如风电出力突然大幅度下降时, 电力用户暂停部分用电, 可帮助于维持电网的频率, 起到虚拟电源的作用。

智能电网通过使用监测、通信、控制和自动化技术, 达到改善电力产生、分配和消费的目的。智能电网将能够分析、保护和优化其所有相互关联的组件(从发电、输电和配电网到终端电力用户)的运行。智能电网将为电力客户提供他们需要的数据和工具, 以便帮助他们科学的选择能源、高效的管理能源使用、做出满足他们的个性化需求的最优投资决策和提高效率。智能电网将创建一个可持续发展 and 经济高效的电力系统, 为电力供应商和用户提供一个充分合作的平台, 实现全社会效益的最大化。

### 3 智能电网的总体设想与技术内涵

#### 3.1 智能电网的总体设想

智能电网的总体设想是智能化、高效、包容、激励、机遇、重视质量、抗干扰能力(鲁棒性)强和环保等<sup>[5~8]</sup>, 而不是单纯的智能化, 或单纯的将智能化技术应用于电网。这些机能可以简明解释为:

(1) 智能化: 具有可遥感系统不安全状态的能力和网络“自愈”的能力, 以防止或减轻潜在的停电; 在系统需要做出人为无法实现的快速反应时, 能根据电力公司、消费者和监管人员的要求, 自主地工作。

(2) 高效: 少增加乃至不增加基础设施的前提下, 最大化满足日益增长的消费需求。

(3) 包容: 能够容易和透明地接受任何种类的能源, 包括太阳能和风能; 能够集成各种已经得到市场证明和可以接入电网的优良技术, 如成熟的储能技术。

(4) 激励: 使消费者与电力公司之间能够实时地沟通, 从而消费者可以根据个人偏好定制其电能消费。

(5) 机遇: 具有随时随地利用“即插即用”创新的能力, 从而创造新的机遇和市场。

(6) 重视质量: 能够提供数字化经济所需的可靠性和电能质量(如, 极小化电压的凹陷、尖峰、谐波、干扰和中断)。

(7) 鲁棒: 自愈、更为分散, 并采用了安全协议, 因而系统能对恐怖袭击、军事威胁、元件故障、自然灾害等扰动做出自愈的响应。设想中更鲁棒的电网, 在紧急状态下能分片实现“自适应孤岛运行”, 并且其后能够快速恢复供电。

(8) 环保: 减缓全球气候变化, 提供可大幅度改善环境的切实有效的途径。

对于智能电网的总体设想, 需要说明的是: 当前电网的保护装置, 在扰动发生时只关注保护资产, 为防止设备损毁而做出响应; 而智能电网的“自愈”是期望达到防止和最小化对消费者的影响。

基于电网的鲁棒构想, 已有学者开展了美国“战略电力基础设施防御 (strategic power infrastructure defense, SPID) 系统”<sup>[14]</sup> 的研究. SPID 系统能够分析攻击之后与电力交换系统和通讯系统状态相关的信息, 也能够协调它们在“自适应孤岛”中的应用. 在恐怖袭击过后, 一旦电力交换系统安全岛的稳定图形已经建立起来, 自适应算法应该逐渐把电力交换系统恢复到其正常状态, 因为此时已有更多的电源可供利用. 显然, 智能微电网与大电网无缝连接, 在大电网事故时与电网解列成孤岛运行, 然后帮助大电网黑启动, 是与 SPID 建立在同一理念上的。

### 3.2 智能电网的技术内涵

智能电网将加强电力交换系统的方方面面, 包括发电、输电、配电和消费等. 它将:

- (1) 提供大范围的态势感知, 该项工作有助于缓解电网的阻塞和瓶颈, 缩小乃至防止大停电;
- (2) 为电网运行人员提供更好“粒度”的系统可观性, 使他们能够优化潮流控制和资产管理, 并使电网具有自愈和事故后快速恢复的能力;
- (3) 大量集成和使用分布式发电, 特别是可再生清洁能源发电;
- (4) 使电力公司可通过双向的可见性, 倡导、鼓励和支持消费者参与电力市场和提供需求响应;
- (5) 为消费者提供机会, 使他们能以前所未有的程度积极参与能源选择。

## 4 智能电网相关的技术

与智能电网相关的技术非常之广, 可分为 3 类, 即智能电网技术、智能电网可带动的技术和为智能电网创建平台的技术<sup>[5~8]</sup>。

(1) 智能电网技术. 依其运行功能可以分为以下 4 部分<sup>[15]</sup>:

- 高级量测体系 (advanced metering infrastructure, AMI), 其主要功能是授权给用户, 使系统与负荷间建立联系, 以使用户能够支持电网的运行。
- 高级配电运行 (advanced distribution operations, ADO), 其主要功能是使系统具备“自愈”的功能; 同时与其余功能密切配合实现配电系统的高效运行和资产管理的优化。
- 高级输电运行 (advanced transmission operations, ATO), 重点关注阻塞管理和降低大规模停运的风险, 同时与其余功能密切配合实现输电系统的高效运行和资产管理的优化。
- 高级资产管理 (advanced asset management, AAM). AMI, ADO 和 ATO 同 AAM 的集成将大大改进电网的运行和效率。

智能电网的这 4 个部分之间是密切相关的. 如: AMI 同用户建立通讯联系, 提供带时标的系统信息; ADO 借助 AMI 的通讯收集配电信息, 改善配电系统的运行; ATO 使用 ADO 信息改善输电系统运行和管理输电阻塞, 通过 AMI 可使用户能够访问市场; AAM 使用 AMI、ADO 和 ATO 的信息与控制, 改善系统运行效率, 优化资产使用. 可见顺序是有价值的, 为此在北美把 AMI 视为是实现智能电网的第一步。

需要澄清的是, 风力发电、光伏发电和插件式的电动汽车等设备不是智能电网技术的组成部分. 智能电网技术所包含的是, 那些能够集成、与之接口和智能控制这些设备的技术. 智能电网的最终成功取决于这些设备和技术是否能够有效地吸引和激励广大的消费者。

(2) 智能电网可带动的技术. 作为一个平台, 智能电网可推动和促进创新, 使许多新技术可行, 为它们的发展提供机会, 并形成产业规模. 举例来说, 智能电网可使人们: 广泛地使用插入式电动汽车; 实现大规模能量存储; 一天 24 小时使用太阳能; 无缝地集成像风能等可再生能源; 合理选择自己的电源和用电模式; 促进节能楼宇的开发.

(3) 为智能电网创建平台的技术. 美国能源部所列出的将推动智能电网的 5 个基础性技术是:

- 集成的通信. 基于安全和开放式的通信体系结构, 为系统中所有节点提供可靠的双向通信, 以便实现对电网中每一个成员的实时信息交换和控制, 并确保网络安全和信息的保密性、完整性和可用性.

- 传感和测量技术. 用以支持系统优化运行、资产管理和更快速、更准确的系统响应, 例如远程监测、分时电价和需求侧管理等.

- 高级的组件. 应用超导技术、储能技术、电力电子技术和诊断技术等方面最新研究成果.

- 先进的控制方法. 以使快速诊断和各种事件的精确解决成为可能.

- 完善的接口和决策支持. 用以辅助人类的决策, 使电网运行和管理人员对系统的内在问题具有清晰全面的了解.

智能电网技术方面的基本理念是: 智能电网将把工业界最好的技术和理念应用于电网, 以加速智能电网的实现, 如开放式的体系结构、互联网协议、“即插即用”、共同的技术标准、非专用化和互操作性等. 事实上, 其中有些已经应用于电网. 但是仅当辅以体现智能电网的双向数字通信和“即插即用”能力的时候, 其潜能才会喷发出来.

对于智能电网相关的技术, 有以下几点需要强调:

(1) 从智能电表采集数据的高级量测体系<sup>[16]</sup>, 不仅能为电力公司提供遍及系统的通讯网络和设施, 也能提供系统范围的量测和可观性. 它既能促使用户直接参与到实时电力市场中, 也可为系统的运行和资产管理带来巨大效益. 当前, 我国需要重视建设高级量测体系可带来的多方面效益, 加强相关功能的开发. 主要包括:

- 用户可得到连续即时的计量信息;
- 支持灵活的分时电价;
- 为参与市场的用户提供实时电价, 并实现同实时电价相结合的自动负荷控制;
- 降低负荷峰值, 提高系统资产利用率, 降低应对需求增长所需的固定投资成本;
- 集成用户侧的分布式发电;
- 远程监视电能质量与实施电压控制;
- 快速的系统故障定位和响应;
- 非技术性能量损耗的检测;
- 为系统调度、规划和运行提供精确的负荷信息;
- 在新一代的智能设备和高级服务之间实现信息共享.

(2) 当发电、输电、配电和用电这 4 个环节均衡发展时, 整个系统可以获得最大的效益. 但是由于电力公司长期以来一直把侧重点放在发电和输电系统上, 致使配电、用电智能化十分薄弱, 造成了资产利用率与可靠性同时低下的现状, 宛如水桶的短板效应, 配用电这一短板妨碍了系统整体效益的提升. 再加上分布式可再生能源也需要接入配电网, 所以智能电网的实施需要特别重视 AMI 和 ADO.

(3) 在智能电网的发展中, 保证设备的互操作性和数据的安全传输是必不可少的, 故要求相应的系统互操作性标准. 而这些标准是需要由国家主持、开放式地建立的, 任务十分艰巨. 如, 美国国家标

准与技术研究所 (national institute of standards and technology, NIST)<sup>[17]</sup> 在这方面发挥了至关重要的作用.

## 5 智能电网的近期与远期目标

智能电网 (smart grid) 将像互联网那样改变人们的生活和工作方式, 并激励类似的变革. 但由于其本身的复杂性和涉及广泛的利益相关者, 实现智能电网需要漫长的过渡、持续的研发和多种技术的长期共存. 短期内, 我们可以着眼于实现一个较为智能的电网 (smarter grid), 它利用已有的或不久的将来就可配置的技术, 使目前的电网更有效; 在提供优质电力的同时, 也提供相当大的社会效益, 如较小的环境影响等. 目前我国国家电网公司提出在 2020 年前实现智能电网, 这样就只能是利用已有的或未来几年内能够配置的技术, 所以它应属于一个较为智能的电网.

由于技术涉猎广泛, 智能电网的一个关键目标是要像十年前兴起的 Internet 一样催生新的技术和商业模式, 实现产业革命. 网络领袖思科预言, 智能电网比 Internet 拥有大得多的市场空间<sup>2)</sup>. 很明显, 通过加快把众多的智能设备和各种可行的创新技术引进到电能的生产、分配、存储和应用中来, 智能电网可为新能源技术、通讯技术、软件技术、自动化技术、储能技术、高级传感器技术、电力电子技术、智能电器等提供巨大商机.

因此, 在我国实施智能电网发展战略, 不仅能使我们获得高安全、高可靠、高质量、高效率 and 价格合理的电力供应, 还能提高国家的能源安全、改善环境、推动可持续发展, 同时能够激励市场与创新, 从而提高国家的国际经济竞争力.

## 6 在实施智能电网中需要注意事项

在实施智能电网中需要注意:

(1) 智能电网将把一个集中式的、生产者控制的电网, 转变成大量分布式的和与更多的消费者互动的电网. 电网变迁的过程, 必将改变整个行业的业务模型, 且对所有利益相关者都有利.

智能电网的实施必须对所有参与者都有利, 否则难以推动. 智能电网将给用户足够的信息与电价激励, 使其具有足够的积极性与电网友好合作, 同时又能方便高效地与电网交互 (包括用户的分布式发电的调度和需求响应), 这势必会彻底改变当前电网的运行模式.

(2) 智能电网是一个不断发展的目标. 需要进行持续的研究, 以预测不断变化的需求和评估不断变化的收益和成本. 在实施智能电网的过程中, 需要时时刻刻地考虑: “我们所做工作是否适用于市场? 是否能激励用户的参与? 是否实现了资产优化? 是否能高效运行?”. 电力公司和监管机构应该持续地向消费者展示智能电网的效益最终是会超过其成本的.

智能电网的效益是明显的<sup>[18~20]</sup>. EPRI 基于“在 2030 年前持续稳定地开发智能电网技术”的假设, 提供的一份新报告中指出, 在美国实现“完全功能的智能电网”的花费会在 3380 亿到 4760 亿美元之间. 但是使人惊讶的是, 其效益会处于 13000 亿美元到 20000 亿美元之间<sup>[19]</sup>. 智能电网的效益可以归结为: 电能的可靠性和电能质量提高方面的收益; 电力设备、人身和网络安全方面的收益; 能源效率收益; 环境保护和可持续发展的收益以及直接经济效益<sup>[20]</sup>.

2) LaMonica M. Cisco: smart grid will eclipse size of internet. 2009-05-18. [http://news.cnet.com/8301-11128\\_3-10241102-54.html](http://news.cnet.com/8301-11128_3-10241102-54.html).

(3) 在智能电网实施中, 必须坚持“创新驱动发展”的战略。

要关心的是获得大量的知识产权, 要在智能电网技术、智能电网可带动的技术和为智能电网创建平台的技术方面做出大量的创新, 降低智能电网的成本, 提高智能电网的效益, 即使是示范工程也需要事先进行经济效益论证。

(4) 智能电网的实施面临着巨大的挑战。这不仅是由于它涉及广泛的利益相关者、智能电网的复杂性、确保信息网络安全、共识标准以及研究与开发 (R&D) 等方面的挑战, 而且需要人们转变传统的电网理念。

(5) 智能电网的性质决定了其参与者不应局限于电力公司、电力设备厂商, 还应包括广大消费者和众多其他产业。因此, 需要由国家以开放式的方式制定相应的政策和标准<sup>[21]</sup>, 以鼓励和支持众多企业的参与。

(6) 需要出台旨在开放电力市场和激励电力公司智能电网投资的新法规。其中包括

- 实施分时或实时电价, 使“电能”作为一种商品的市场价值得到合理地体现;
- 制定鼓励分布式电源卖电回电网的政策, 如分布式清洁能源的上网电价 (feed in tariff) 政策;
- 确保电力公司智能电网投资成本回收的政策;
- 建立合理的智能电网监管体系。

## 参考文献

- 1 EPRI. Technical and System Requirements of Advanced Distribution Automation. 1010915. 2004
- 2 Haase P. Intelligent: a smart network of power. EPRI J, 2005: 17-25
- 3 EPRI. Profiling and Mapping of Intelligent Grid R&D Programs. 1014600. 2006
- 4 European Commission. European Technology Platform Smart Grids: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. EUR 22040. 2006
- 5 U S. Department of Energy. The Smart Grid: an Introduction. DE-AC26-04NT41817. 2009
- 6 Yu Y X, Luan W P. Basic philosophy of smart grid. J Tianjin Univ, 2011, 44: 377-384 [余贻鑫, 栾文鹏. 智能电网的基本理念. 天津大学学报, 2011, 44: 377-384]
- 7 Yu Y X. Smart grid-a new strategy for global energy in the 21st century (Part I). Power Electr Eng, 2013, 1: 8-13 [余贻鑫. 智能电网是 21 世纪全球能源的新战略 (上). 动力与电气工程师, 2013, 1: 8-13]
- 8 Yu Y X. Smart Grid-a new strategy for global energy in the 21st century (Part II). Power Electr Eng, 2013, 2: 3-7 [余贻鑫. 智能电网是 21 世纪全球能源的新战略 (下). 动力与电气工程师, 2013, 2: 3-7]
- 9 IEEE Working Group on Distribution Reliability. In: Proceedings of IEEE Benchmarking 2011 Results Based on Distribution Reliability Working Group Meeting, San Diego, 2012
- 10 EPRI. Power Delivery System and Electricity Markets of the Future. 1009102. 2003
- 11 Galvin Electricity Initiative. The U S Electricity Enterprise. CA 94304. 2005
- 12 Zhou J H. Power system planning with large-scale wind power based on value evaluation. Dissertation for Ph.D. Degree. Tianjin: Tianjin University, 2011 [周金辉. 基于价值评估的含大规模风电的电力规划. 博士学位论文. 天津: 天津大学, 2011]
- 13 Yu Y X, Chen L Y. Power System Security and Stability. Beijing: Science Press, 1988. 3-4 [余贻鑫, 陈礼义. 电力系统安全性与稳定性. 北京: 科学出版社, 1988. 3-4]
- 14 Liu C C, Jung J, Heydt G T, et al. The strategic power infrastructure defense (SPID) system-A conceptual design. IEEE Control Syst Mag, 2000, 13: 40-52
- 15 Yu Y X. Technical composition of smart grid and its implementation sequence. Southern Power Syst Technol, 2009, 3: 1-5 [余贻鑫. 智能电网的技术组成和实现顺序. 南方电网技术, 2009, 3: 1-5]
- 16 Anon. Advanced Metering Infrastructure. RRIN1762464. 2007

- 17 National Institute of Standards and Technology. NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards. 2009
- 18 EPRI. Power delivery system of the future: a preliminary estimates of costs and benefits. 1011001. 2004
- 19 EPRI. Estimating The Costs and Benefits of the Smart Grid. 1022519. 2011
- 20 US. Department of Energy. Modern Grid Benefits. 2007
- 21 EPRI. Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap. SB1341-09-CN-0031. 2009

## Expatriation on the basic ideas of smart grid

YU YiXin\* & QIN Chao

*Key Laboratory of Smart Grid of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China*

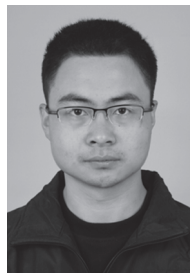
\*E-mail: yixinyu@tju.edu.cn

**Abstract** With the rapid development of renewable energy generation, the world is facing with a series of issues, such as how to integrate and make full use of the renewable energy. And smart grid is an effective strategy to deal with these challenges. As the development trend of power systems, smart grid has powerful functions, comprehensive benefits and broad prospects. But smart grid is not simply a technical matter, but associated with many fundamental and important concepts. It is vital to clarify these basic ideas for scientific and efficient implementation of smart grid, the technology innovation and industry development. The features, framework, associated technologies, short-term and long-term objectives of smart grid, as well as key issues of implementation of smart grid are illustrated in detail in the paper.

**Keywords** smart grid, basic ideas, renewable energy generation, distributed, technology nature of smart grid



**YU YiXin** was born in 1936. He is an Academician of Chinese Academy of Engineering and a professor in Tianjin University. His research interests include smart grid, power system security and stability, power system planning and deregulation.



**QIN Chao** was born in 1986. He graduated from the Electrical Engineering and Automation School of Tianjin University of China in 2009. Currently, he is pursuing his Ph.D. degree in the same university. His research interests include economic dispatch and power system security and stability analysis.