

# 智能需求侧管理关键技术研究及发展路线图规划

韩 勇

(四川大学 工商管理学院, 四川 成都 610065)

**摘要:** 介绍了智能需求侧管理的概念,包括智能表计、智能微网和智能用电 3 个部分,并对国内外当前的实施现状进行介绍和分析。从基于智能微网的电能互动相关研究和面向智能用电的信息互动相关研究 2 个方面,针对国内外学者对于智能需求侧管理的关键技术展开的研究进行归纳和总结。最后根据我国的国情特点对未来智能需求侧管理的技术发展进行路线图规划。

**关键词:** 智能电网; 智能需求侧管理; 发展路线图

**中图分类号:** TM 73;F 123.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-6047(2011)02-0052-06

## 0 引言

早在 20 世纪 70 年代世界能源危机产生时,传统电力需求侧管理 DSM(Demand-Side Management)通过电力用户优化用电方式,提高终端用电效率,取得削减高峰电力、平抑市场价格、提高能源利用效率和保护环境等多方面的效果,因此广泛得到电力公司的青睐,包括能效项目、节能宣传项目和需求响应 DR(Demand Response)项目。但由于以下各方面原因造成了目前不管是发达国家还是发展中国家的 DSM 项目推行发展速度较慢<sup>[1]</sup>,目前实施的项目以能效和节能宣传项目为主,而 DR 项目则较少。

a. 硬件方面,缺乏先进计量、控制等技术手段支持。

b. 观念方面,来自电力运行人员、用户缺乏对需求侧管理的正确认识。

c. 效益评估手段方面,有所缺失,使得对项目的投资建设缺乏可持续性。

d. 政策机制方面,没有足够的政策和市场机制维持其运行。

当前在环境恶化和能源危机的背景下,智能电网的概念应运而生,并在近两年成为全球电力行业研究和探讨的热点<sup>[2-4]</sup>,智能电网的突出贡献就是利用先进的信息技术灵活地整合、调度需求侧资源,实现信息和电能的双向互动。智能电网技术平台和 DSM 手段相结合,在一定程度上孕育催化出智能需求侧管理 SDSM(Smart Demand-Side Management),同发输电环节相比,配电、用电等需求侧资源与系统的联系相对薄弱,影响了系统的整体性能和效率,因此可以预见未来的智能电网时代,作为重头戏之一的 SDSM 必将会有长足的进步和发展<sup>[5]</sup>。在文献[1]的基础上,本文首先引入了 SDSM 的概念,并对国内外

当前的实施现状进行介绍和分析;其次,针对国内外学者对于 SDSM 的关键技术展开的研究进行归纳和总结,并根据我国的国情特点对未来 SDSM 的技术发展进行路线图规划。

## 1 SDSM 简介

### 1.1 SDSM

SDSM 是指通过采用高性能的计算技术、先进的计量和传感器技术、智能双向终端、新型储能元件、数字智能和实时通信等技术以及先进的协调策略,使电力需求侧(终端用户)成为电力系统组成的一部分,支持分布式电源 DG(Distributed Generation)的接入,并通过有效的激励措施引导电力用户优化用电方式,提高终端用电效率,优化资源配置,达到节约能源、改善和保护环境的目的。表 1 给出了传统 DSM 和 SDSM 的典型特征比较。

SDSM 包括智能表计(smart metering)、智能微网(smart microgrids)和智能用电(smart demand)3 个部分。

a. 智能表计提高了系统的可观性,用以实现用户侧的数据测量、收集、存储、分析与双向传输,技术上依靠高级量测体系(AMI)实现。智能表计是实现 SDSM 的基础环节,需要较多的经济和人员投入。

表 1 SDSM 和传统 DSM 的比较

Tab.1 Comparison between SDSM and DSM

| 特征       | 传统 DSM        | SDSM                       |
|----------|---------------|----------------------------|
| 项目种类     | 较少;能效项目、分时电价等 | 很多;实时电价、电能质量和可靠性差别电价、DSB 等 |
| 项目目标     | 主要是节能         | 优化系统运行方式和提高效率              |
| 电能及信息的传送 | 单向            | 双向,支持 DG 大量接入              |
| 用户电能质量   | 很少关注          | 实时监测并控制,满足用户差别性要求          |
| 用电设备健康状况 | 很少关注          | 实时监测并提供维护建议                |

b. 智能微网提高了系统的兼容性,指通过先进的信息、传输和计算机技术实现信息和电能的双向互动,支持大量 DG 接入并提供通信和报价手段实现需求侧竞价 DSB (Demand-Side Bidding),未来可能并不仅限于电力传输,而是包含了其他形式能源的智能能源网。智能微网是实现 SDSM 的关键环节,其实施的成败与否关系到 SDSM 最终的推广效果。

c. 智能用电提高了系统的可控性,基于智能表计的量测数据完成各种计算与分析功能,通过智能决策或者以需求响应的形式对用户侧用电进行引导和协调,以实现运行效率的优化和系统安全性的改善,满足各类不同的用户需求。智能用电是实现 SDSM 的最终和重要环节,也是政策和技术难度最大的部分。

## 1.2 国内外 SDSM 实施现状

### 1.2.1 美国

美国近年来发生了几次较大的停电事故,使美国电力行业十分关注电能质量和供电可靠性,其智能电网研究和推广起步较早,目前已经在 SDSM 的核心技术上,如用户侧的智能管理系统、分布式能源系统、信息化家电和蓄能式混合动力交通工具等,都有了大量的技术准备,并在国内逐步推广实施<sup>[6]</sup>。此外,美国电力企业出台了各种电价政策,利用市场手段实现节电、避峰和环保的目的,如电动交通工具充电优惠、客户合表优惠、季节性电价优惠和时段性电价优惠等。居民也有阶梯电价。企业 SDSM 的电价项目类型更多,如绑定义务减负荷项目、需量竞标项目、可中断电价、实时电价等<sup>[7]</sup>。

### 1.2.2 欧洲

欧洲电力企业受到自开放的电力市场的竞争压力和社会环保需求压力,亟需提高用户满意度,争取更多用户。因此提高运营效率、降低电力价格、加强与客户互动和接纳更多的可再生能源 DG 就成为了欧洲 SDSM 建设的重点之一。英国电力市场拥有健全的价格体系和强大的交易结算技术,其售电市场的一大特色是多样、可选的销售电价方案,允许支付电费的时间尺度和结算方式也灵活多样。IREN (Integration of Renewable Energy sources and Distributed generation into the European electricity grid)是由欧盟委员会资助、100 多家研究机构和电力企业参与的一系列可再生能源和分布式发电技术相关项目的总称。这些项目包括在第五框架计划下支持的 7 个项目,以及随后在第六框架计划中扩展的一些后续项目<sup>[8]</sup>。

### 1.2.3 日本

日本常规能源极为匮乏,在可再生能源开发与利用上始终保持较高投入,目前有关 SDSM 的关键技术方面有光伏发电、蓄电池储能<sup>[9]</sup>等技术处于领先地位。从 2010 年开始,东京电力、东京工业大学、东芝公司、日立制铁所等主体在东京工业大学校园内联合开展“日本版智能电网”示范工程的试验,一方面

安装家庭用太阳能,为家用冰箱、电动汽车、电热水器供电,另一方面将剩余的电量储存在蓄电池中并转卖给电力企业。此外,日本的负荷峰谷差大,电力企业也通过差别电价、推广热泵热水器、蓄冰空调、NAS 电池等手段移峰填谷。

### 1.2.4 中国

中国目前各省市电力公司对 SDSM 的推进工作主要集中在智能电表的运用、分布式能源(电动汽车)投入和用户能量管理平台的建设上。未来 5 年之内,国家电网将斥资 400 多亿用于安装智能电表,其中约 1.7 亿只电表将被更换为远程控制电表。2010 年 1 月 30 日,由江苏南京供电公司设计、建设的南京首座电动汽车充电站——迈皋桥充电站投运,首批由江苏省电力公司提供的 3 辆电动公交车在南京公交旅游 1 号线示范营运,标志着我国向电动汽车实用化又迈进了一步。2008 年国家发改委将苏州确定为电力 DSM 试点示范城市<sup>①</sup>,苏州已立项建设了我国第一个电力需求侧智能化管理公共服务平台——中国电能服务网。

## 2 智能需求侧管理关键技术研究综述

基于上文提出的 SDSM 包括智能读表、智能微网和智能用电 3 个部分,考虑到智能读表是 SDSM 的硬件支持,下文拟就智能微网和智能用电关键技术 2 个大方面对国内外学者的研究工作进行总结和归纳。

### 2.1 基于智能微网的电能互动相关研究

SDSM 区别于传统 DSM 的一个显著特征就是有了智能微网的网络支撑和运用先进控制手段,改变了传统负荷节点的单一能量流动特性,随着大量 DG 和需方储能技术的运用,负荷节点的能量流动具有双向性的特点。下文将从智能微网 DG 接入技术、需方用户储能技术和电动汽车等 3 个方面进行有针对性的说明。

#### 2.1.1 智能微网 DG 接入技术

智能微网和 DG 接入是近年来的研究热点,包括 DG 接入对微网可靠性、电能质量、继电保护、成本效益、网络规划等各方面的影响,其中和 SDSM 结合最紧密的研究热点问题是需求响应的弹性负荷与 DG 相配合,弥补其输出的间歇性。

当 DG 大规模接入电网后,由于可再生能源的间歇性,将会对电网的供电可靠性产生影响,利用用户需求响应负荷可作为备用,与之配合跟踪分布式发电,是一种很好的解决思路。这方面欧洲的研究非常热烈,文献[10]分析了德国需求响应的潜力及其在支持德国电力系统风力接入方面的应用;文献[11]建模分析系统中含有较多风电接入的情况下,巧妙利用基于实时电价的需求响应来降低由于风电资源不确定性而造成的平衡费用、调度费用和失负荷概

① 苏州市经经贸委,东南大学需求侧管理研究所。苏州市 2008~2010 年电力需求侧管理实施规划,2008。



率;文献[12]预计爱尔兰 2025 年有 40 % 的负荷由可再生能源承担,其中 86 % 是风电,假定用户安装了智能仪表可以控制家中的储能负荷,当系统中的风电比例为 11 %~40 % 时,采用基于实时电价的需求响应消除风电的间歇性,提高经济效益。此外,为了更好地实现 SDSM,需要强调 DG 与用户负荷间的紧密联系。文献[13]提出“活跃居住”的概念,以“活跃居住”和“自然光水平”为动态物理参数,建立适用于低压配电网的随机模型,并结合居民用电需求模型,评估大规模分布式发电系统接入对电网的冲击。

### 2.1.2 需方用户储能技术

相比于电网侧的大型储能电站,需方用户储能技术具有容量小、分布广、投资小、运行灵活的特点,实现方式多样,有储电、储热、储冷和其他。在传统 DSM 手段中,比较常见的是利用蓄冰空调/蓄热锅炉结合峰谷电价进行负荷整型,起到提高负荷率和移峰填谷的作用。智能电网背景下,需方用户储能在技术形式、应用目标、研发热点等方面都有了新的变化。

随着技术的进步,新的需方储能技术日益进入了人们的视线,并具备了推广使用的条件。文献[14]讨论了压缩空气储能技术,并将其作为韩国电力系统 DSM 战略中的重要组成部分,结合韩国电力系统负荷增长的状况,将压缩空气储能技术作为负荷管理的一种方法,研究了 DSM 实施前后的负荷变化情况;文献[15]提出将钠硫蓄电池应用于用户侧,提高电能质量,充当应急电源和不间断电源,并以厦门岛为研究对象给出相应经济可行性分析和政策建议;文献[16]使用一种相变材料(PCM)作为房屋建筑材料增强房屋的蓄热能力。基于实时电价对新西兰冬季时使用和未使用 PCM 的家居负荷在能效、节能以及负荷转移方面进行了对比研究;文献[17]采用超级电容储能应用于交流电机变频调速系统的制动过程,回收能量,实现了能量的节约;文献[18]中提出微网中同时含有对供电可靠性要求很高的敏感负荷和输出功率波动很大的 DG,多元复合储能技术很有必要。

需方用户储能的应用目标也从过去单一的负荷整型过渡到保证供电可靠性、提高新能源发电并网性能以及优化能量管理等多个方面<sup>[18]</sup>。文献[19]将一个风光互补发电系统和微网储能装置结合进行可靠性研究;文献[20]建立了风速、太阳辐射及水流量的数学模型,并提出了一个多目标储能优化模型,计算出风、光、水的最优载荷比例以实现最低储能要求。

### 2.1.3 电动汽车

电动汽车作为需求侧一个重要的储能元件,是 SDSM 区别于传统 DSM 手段的一种典型措施,虽然目前保有量有限,但从各国的重视程度可以预见未来的发展势头迅猛,学者们的研究目前主要侧重于大规模电动汽车接入对电网的影响<sup>[21]</sup>及结合实时电价

从经济性层面考虑其充放电配置问题。文献[22]研究了分时电价对一个接入大量可插电混合动力电动汽车(PHEV)的配网系统负荷曲线的影响;文献[23]对大量 PHEV 接入给系统的电力需求、供应、电价、发电结构及排放等方面带来的潜在影响进行了研究。

## 2.2 面向智能用电的信息互动相关研究

SDSM 区别于传统 DSM 的另一显著特点是有了高级量测体系(AMI)的支持,实现了供需之间的信息交互;系统运行员可在电网运行中动态整合用户信息,增强系统安全、可靠和经济运行能力,用户也可及时了解电网实时动态,合理安排用电方案。AMI 带来的显著变化是基于电价的需求响应项目更加灵活多样,出现了智能家居/建筑和智能用户能量管理系统,考虑到基于电价的需求响应在文献[24]中已经做了大量总结工作,下文将着重从其他 2 点进行展开。

### 2.2.1 智能家居/建筑

智能家居/建筑是以住宅为平台,兼备建筑、网络通信、信息家电、设备自动化,集系统、结构、服务、管理为一体的高效、舒适、安全、便利、环保的居住环境,有机结合了多种先进技术<sup>[25-26]</sup>。目前国内外关于智能家居和智能建筑的研究主要集中在这样几个方面:智能建筑需求响应能源管理平台的构建<sup>[27]</sup>、智能家居的控制系统<sup>[28-29]</sup>、智能家居设备间的协同工作机制、智能家居的个性化服务、智能家电等。对于如何系统地构建一个智能家居系统,如何才能让用户在这个家居系统中获得更多更有效的服务,研究很少。

智能家电是智能家居的重要组成部分,是在传统家电产品中融入了智能控制技术、信息技术等高科技,使得家电产品更加高效、安全、便利、环保。文献[30]提出的电网友好型设备是智能家电的一种;文献[31]展示了节能、高效的智能家电及其控制,并结合需求响应分析了智能家电在移峰填谷等方面起到的优化能源配置的作用。文献[32]以智能烤箱为例,展示了智能家电的人机交互功能、火灾报警、人性化服务等优势。各种智能产品的兼容问题也引起广泛关注,文献[33]中论述了如何将不同的智能家电相结合于统一的控制模式,构建友好方便的控制平台。文献[34]将一个智能家居系统看作一个机器人系统,源于经典的机器人控制方式提出智能家居设备间的行为协同机制。

### 2.2.2 智能需方能量管理系统

智能需方能量管理系统是以现代网络技术为基础,为 SDSM 实现电能管理“数字化、网络化、可视化、专业化”目标而搭建的具有分析存储和自动通信功能的公共网络平台和门户网站,该平台以电网和人、电网和智能设备、人和智能设备之间的信息互动为基础,达到采集自动化、通信网络化、能效最优化。

智能需方能量管理系统主要由电力需求侧公共

服务平台、SDSM 数据中心和电能数据采集系统 3 部分组成<sup>[35-38]</sup>。电力需求侧公共服务平台由电能管理专家系统与知识库、电能管理数据处理系统、支持电能管理“四化”的服务软件系统等组成,提供发、供、用电情况的公共信息,电能生产、供应、需求侧的电能平衡分析信息,以及节电技术、产品、案例和评估、认证信息,并可以将需求侧恢复用电和备用设备的服务信息发布给用户,同时受理相应的服务。DSM 数据中心用于存放电能用户用电设备情况、配电网枢纽点、重要用电设备的电能实测数据和电能优化方案等数据。目前的研究主要集中于公共服务平台构建和原有数据采集的改造上。目前智能需方管理系统正处于发展的初级阶段,技术上还不是很成熟,又涉及多产业,存在产品兼容问题,应当有统一的产品架构模式和指导性的标准<sup>①</sup>。另外,其发展需要多方的积极参与,而目前许多机构与群体尚未意识到其重要性及优越性,因而亟需通过多种渠道向各利益相关方展示其带来的机遇与好处<sup>①</sup>。

### 3 SDSM 发展技术路线图

当前,在世界范围内 SDSM 的研究与建设都还处于起步阶段,一些发展较好的国家或地区也大多仅完成了智能表计的铺设。以往中国的配电网建设投资远小于发电和输电系统,配电系统和用户侧的联络更是微乎其微,而在全球描绘的智能电网蓝图中,用户侧可以看作是具备完整的发输配电功能的小型电力系统,可以实现局部的功率平衡与能量优化,所以 SDSM 的相关技术将大有作为,应该牢牢抓住机遇,从外部环境和内部发展 2 个方面着力做好我国 SDSM 工作的发展和推动工作。

首先是外部环境方面,包括宣传引导、扶持、法规、标准等,通过政策的制定为技术问题的解决提供保障,把已经较为成熟的技术通过政策手段推向市场,让市场来检验和完善相关技术,为随后的内部发展提供良好的外部环境。

**a. 经济扶持。**SDSM 是私人物品投资性质但具有公共商品属性,项目实施产生外部效益的受益人不仅是项目参与双方,更是项目非参与方以及全社会,因此有必要通过电价、折让、借贷优惠、免费安装、节电设备租赁等经济扶持措施,刺激和鼓励用户主动改变消费行为和用电方式,是 SDSM 在运营策略方面的重点。

**b. 法规完善。**对于一项技术而言,只有当其技术性和经济性都相对合理时,配合政策的推动,才会形成产业化市场,政府及有关职能部门应通过法规、标准、政策、制度等来规范电力消费和市场行为,以政府持有的行政力量来推动 SDSM 的发展。

**c. 宣传引导。**相同的财政激励和同样的收益,用户可能出现不同的反应,关键在于引导,这是一种有效的、不可缺少的市场手段。主要的引导措施包括:

普及 SDSM 知识、信息传播、研讨交流、审计咨询、技术推广、宣传鼓动、政策交待等。

**d. 统一标准。**我国的智能电表、能量管理系统、智能家电发展迅猛,已经有了许多成品并将形成大的市场规模,但是其中的通信标准还没有得到有关部门的统一规范,企业各自为政,不进行协同合作,导致“信息孤岛”的出现。统一标准不但有利于产品推向市场,更会对以后产品功能的扩充带来方便。

最后是内部发展方面,建议遵循智能表计是基础、智能微网是重点、智能用电是关键的整体思路,优先安排好相关的科学论证与理论研究工作,在部分地区优先试点推行,做好全面的项目实施效果的评估工作,为相关技术全面推向市场做后盾。建议应尽早推动智能电表的推广,并为 SDSM 提供硬件支持,电力公司从大工业用户、高能耗用户着手,大力推广 DR 项目并逐步扩展到居民用户,加强需方能量管理系统与 DG 的示范工程建设,以便于相关技术的验证、完善与推广。图 1 给出了 SDSM 发展技术路线总体框图。

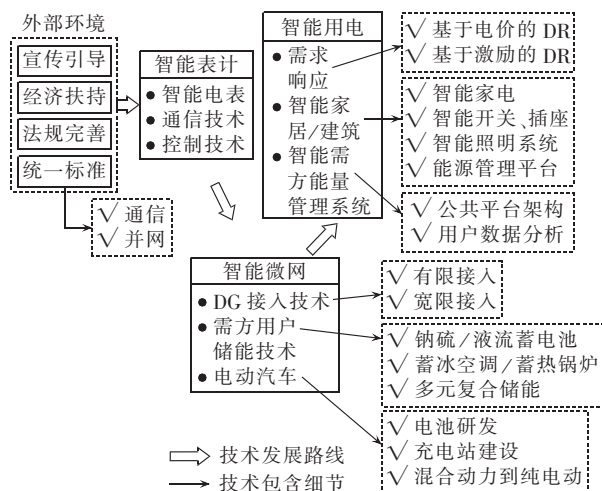


图 1 智能需求侧管理发展技术路线图

Fig.1 Technical development road-map of smart demand-side management

### 4 结语

SDSM 将使 DSM 从传统的供方主导、单向供电、基本依赖人工管理的运营模式向用户充分参与、潮流双向流动、高度自动化、市场化的方向转变。大力发展 SDSM 是我国发展绿色新能源产业的延伸和拓展,是结合我国产业基础、促进电力装备制造业加快转型升级、适应未来竞争、实现可持续发展的现实需要,对于拉动经济发展、优化产业结构转变发展方式具有重要的现实意义和长远的战略意义。本文结合已往 DSM 领域工程技术工作和智能电网相关研究工作引入了 SDSM 的概念,介绍了国内外的相关实施和研究现状,并根据中国的国情特点对未来 SDSM

① 苏州市经贸委,东南大学电气工程学院. 苏州市智能电网产业规划, 2010.

的技术发展进行路线图规划,为中国智能电网愿景下的需求侧方面研究工作开拓视野、提供参考。

## 参考文献:

- [1] 王蓓蓓,李扬,高赐威. 智能电网框架下的需求侧管理展望与思考[J]. 电力系统自动化,2009,33(20):17-22.  
WANG Beibei,LI Yang,GAO Ciwei. Demand side management outlook under smart grid infrastructure[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(20):17-22.
- [2] HLEDIK R. How green is the smart grid[J]. The Electricity Journal,2009(4):29-41.
- [3] United States Department of Energy Office of Electric Transmission and Distribution. Grid 2030:a national version for electricity's second 100 years[EB/OL]. (2009-04-01). <http://www.ferc.gov/eventcalendar/files/20050608125055-grid-2030.pdf>.
- [4] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化,2009,33(9):1-4.  
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(9):1-4.
- [5] FARUQUI A. Will the smart grid promote smart customer decisions?[EB/OL]. (2008-07). [http://www.drsgcoalition.org/resources/other/Smart\\_Grid\\_Smart\\_Customer\\_Decisions.pdf](http://www.drsgcoalition.org/resources/other/Smart_Grid_Smart_Customer_Decisions.pdf).
- [6] US Department of Energy. Benefits of demand response in electricity markets and recommendations for achieving them:a report to the United State congress pursuant to section 1252 of the Energy Policy Act of 2005[EB/OL]. (2007-07-21). [http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/congress\\_1252d.pdf](http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/congress_1252d.pdf).
- [7] 王燕. 美国电力企业的特色营销服务[J]. 国家电网,2008(8):88-90.  
WANG Yan. Power marketing characteristics services of the American electric enterprises[J]. State Grid,2008(8):88-90.
- [8] REGINE B, RAMON C, VALTORTA R C R, et al. Address-active demand for the smart grids of the future[C]//IEEE CIRED Seminar 2008:Smart Grid for Distribution. Frankfurt, Germany:[s.n.], 2008:1-4.
- [9] YOKOYAMA R. The role of large scale battery storage for practical use of sustainable energy in smart grid[C]//International Forum on Smart Grid 2009. Nanjing, China:[s.n.], 2009:79.
- [10] KLOBASA M. Analysis of demand response and wind integration in Germany's electricity market[J]. IET Renewable Power Generation, 2010, 4(1):55-63.
- [11] SIOSHANSI R. Evaluating the impacts of real-time pricing on the cost and value of wind generation[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2010, 25(2):741-748.
- [12] FINN P, FITZPATRICK C, LEAHY M. Increased penetration of wind generated electricity using real time pricing & demand side management[C]//IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology. Tempe, AZ, USA:ISSST'09, 2009:1-6.
- [13] RICHARDSON I, THOMSON M, INFELD D, et al. A modelling framework for the study of highly distributed power systems and demand side management[C]//International Conference on Sustainable Power Generation and Supply. Nanjing, China: SUPERGEN'09, 2009:1-6.
- [14] LEE Sangseung, KIM Youngmin, PARK Jongkeun, et al. Compressed air energy storage units for power generation and DSM in Korea[C]//IEEE Power Engineering Society General Meeting. Tampa, FL, USA:[s.n.], 2007:1-6.
- [15] 李宝珠. 电力需求侧管理新技术在电网发展中的应用研究[D]. 北京:华北电力大学, 2009.  
LI Baozhu. Demand side management new technologies application on grid development[D]. Beijing:North China Electric Power University, 2009.
- [16] QURESHI W A, NAIR N K C, FARID M M, et al. Demand side management through thermal energy storage using phase change material[C]//Australasian Universities Power Engineering Conference. Sydney, NSW, Australia:AUPEC'08, 2008:1-6.
- [17] 王司博, 韦统振, 齐智平. 超级电容器储能的节能系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(9):105-110.  
WANG Sibao, WEI Tongzhen, QI Zhiping. Energy saving system based on supercapacitor[J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(9):105-110.
- [18] 陈伟, 石晶, 任丽, 等. 微网中的多元复合储能技术[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(1):112-115.  
CHEN Wei, SHI Jing, REN Li, et al. Composite usage of multi-type energy storage technologies in microgrid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(1):112-115.
- [19] BURGIO A, MENNITI D, PINNARELLI A, et al. Reliability studies of a PV-WG hybrid system in presence of multi-micro storage systems[C]//PowerTech, 2009. Bucharest, Romania:IEEE, 2009:1-5.
- [20] ANIBAL T A, PEDRO S M. Minimization of energy storage requirements for a mixed renewable system with demand-side management[C]//IEEE Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference. Calgary, Canada:IEEE, 2009:1-8.
- [21] 李俄收, 吴文民. 电动汽车蓄电池充电对电力系统的影响及对策[J]. 华东电力, 2010, 38(1):109-113.  
LI EShou, WU Wenmin. Influence and countermeasure of electric vehicle battery charging to power systems[J]. East China Electric Power, 2010, 38(1):109-113.
- [22] SHAO Shengnan, MANISA P. Impact of TOU rates on distribution load shapes in a smart grid with PHEV penetration[C]//IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition. New Orleans, LA, USA:IEEE/PES, 2010:1-6.
- [23] STATON W H, ALEXANDRA A T. Potential impacts of plug-in hybrid electric vehicles on regional power generation[J]. The Electricity Journal, 2009, 22(10):56-68.
- [24] 张钦, 王锡凡, 王建党, 等. 电力市场下需求响应研究综述[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(3):97-106.  
ZHANG Qin, WANG Xifan, WANG Jianxue, et al. Survey of demand response research in deregulated electricity markets[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(3):97-106.
- [25] MALIDIN A S, KAYSER-BRIL C, MAIZI N, et al. Assessing the impact of smart building techniques:a prospective study for France[C]//2008 IEEE Energy 2030 Conference. Atlanta, GA, USA:IEEE, 2008:1-7.
- [26] SAIMMAA T, KIM Heecheol. Smart home design: home or house? [C]//Proceedings of the Third 2008 International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology. Busan, Korea: IEEE Computer Society, 2008:143-148.
- [27] 阮国章, 缪希仁. 智能建筑电力需求侧能源管理[J]. 低压电器, 2008(24):16-20.  
RUAN Guozhang, MIAO Xiren. Power demand side management in intelligent building[J]. Low Voltage Apparatus, 2008(24):16-20.
- [28] WANG Ping, JIANG Huali, SHI Wenzao, et al. Design and realization of remote control in smart home system[C]//2009 International Conference on Communication Software and Net-



- works. Macau, China: [s.n.], 2009:13-15.
- [29] 马季. 智能家居远程监控系统的研究与实现[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- MA Ji. Research and implementation of smart home remote monitoring system[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2009.
- [30] 陈书波. 智能电网需求侧管理系统分析[J]. 科协论坛, 2010(2): 35-36.
- CHEN Shubo. Smart demand side management system analysis [J]. Science & Technology Association Forum, 2010(2):35-36.
- [31] LUI T J, STIRLING W, MARCY H O. Get smart[J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2010, 8(3):66-78.
- [32] LI Bojun, HATHAIPONTALUK P, LUO Suhuai. Intelligent oven in smart home environment[C]//2009 International Conference on Research Challenges in Computer Science. Shanghai, China: [s.n.], 2009:247-250.
- [33] OU Yangxin, SHUAI Chunyan, JIANG Hong, et al. Research on smart appliances control protocol [C]//2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science. Wuhan, China: [s.n.], 2010:551-554.
- [34] KIM M, KIM H. Behavior coordination mechanism for intelligent home[C]//Proceedings of the 5th IEEE / ACIS International Conference on Computer and Information Science and 1st IEEE/ACIS International Workshop on Component-based Software Engineering, Software Architecture and Reuse (ICIS-COMSAR '06). Honolulu, HI, USA: IEEE CS Press, 2006:452-457.
- [35] 王明俊. 电力用户信息系统的开发及应用[J]. 电网技术, 2009, 33(16):9-13.
- WANG Mingjun. Development and application of electricity consumer information system[J]. Power System Technology, 2009, 33(16):9-13.
- [36] GUO Yingchun, NIU Dongxiao. A knowledge-based intelligent system for power customer service management[C]//2007 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Hong Kong, China: [s.n.], 2007:2925-2930.
- [37] 田廓, 鄢帆, 薛松, 等. 建设中国特色坚强智能电网技术经济关键问题框架研究[J]. 华东电力, 2010, 38(1):1-5.
- TIAN Kuo, YAN Fan, XUE Song, et al. Framework study on key problems of technical economy to construct unified strong smart grid with Chinese characteristics[J]. East China Electric Power, 2010, 38(1):1-5.
- [38] 张景超, 陈卓娅. AMI 对未来电力系统的影响[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2):20-23.
- ZHANG Jingchao, CHEN Zhuoya. The impact of AMI on the future power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2):20-23.

(编辑: 李 玲)

#### 作者简介:



韩 勇(1969-), 男, 山东泰安人, 客座研究员, 博士研究生, 现从事电力企业经济管理、电力市场运行分析方面工作(E-mail: hanyong@china.com.cn)。

## Key technologies and development road-map planning of smart demand-side management

HAN Yong

(Business School, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** The concept of smart demand-side management is introduced, including smart metering, smart micro-grid and smart power demand. The status in quo of its implementation at home and abroad is analyzed. The researches on the key technologies of smart demand-side management are summarized in two aspects: the power interacts based on smart micro-grid and the information interacts facing smart power demand. The technical development road-map of smart demand-side management is planned according to China's conditions.

**Key words:** smart grid; smart demand-side management; development road-map