
电力

气候组织
THE CLIMATE GROUP



智能电网在中国发展的现状与展望

政策简报 | 第3期 | 2011年4月

目录

1. 智能电网——未来电网发展的愿景	1
2. 集中式可再生能源接入	9
3. 用户侧管理和应用	13
4. 电动汽车和智能电网	15
5. 政策与标准	18
中国发展智能电网的展望	21

1. 智能电网——未来电网发展的愿景

近年来，为了应对全球气候变化，降低对化石能源的依赖程度，实现能源产业的可持续发展，世界能源发展格局正发生着重大而深刻的变化，新一轮的世界能源变革的序幕已经拉开。本轮能源变革的目标是通过科技创新，实现能源的清洁化、低碳化、高效化，实现以低碳能源为核心的低碳经济。目前电力工业是全球最主要的 CO₂ 排放源，占能源相关 CO₂ 排放的 41%。因此，引入可再生能源和发展清洁火电，降低电力输送损耗，全面优化电力生产、输送、消费全过程，将有助于推动低碳电力、低碳能源乃至低碳经济的发展。在此过程中，智能电网发挥重要作用。另外，随着数字时代的到来，用户对供电可靠性和电能质量的要求也愈来愈高。智能电网是当今世界能源产业发展变革的最新进展，在全球范围内得到了广泛认可和接受，世界主要发达国家纷纷把发展智能电网作为抢占未来低碳经济制高点的一项重要战略措施。

我国电力工业也面临着新的形势，能源发展格局、电力供需状况、电力发展方式正在发生着深刻变化。加快建设有中国特色的智能电网，努力实现从传统电网向智能电网的转变，加快新能源、新材料、信息网络技术、节能环保等高新技术研究和新兴清洁能源产业的发展，对促进我国经济又快又好发展将起到关键的支撑作用。

(1) 未来电力系统需以更经济、更安全、更环保的方式满足不断增长的需求

能源系统正日益成为支撑经济社会发展最重要的基础之一，电力在现代能源系统中的地位也越来越突出。随着经济社会的进一步发展，世界各国对电力的需求不断增长，用电量平均增速始终快于一次能源消费量¹。中国 2009 年全国电力生产消耗的能源在一次能源中的比重达到了 39%，而在 1980 年这个比重只有 20.6%²。2009 年中国全社会用电量 3.64 万亿千瓦时，同比增长 5.6%；2010 年中国全社会用电量达到 4.19 万亿千瓦时，“十一五”期间年均增长 11%；中电联发布的《电力工业“十二五”规划研究报告》认为，2015 年中国用电量将达到 5.99~6.57 万亿千瓦时，年均增长 8.5%，2015 年全国发电装机容量将达 14.37 亿千瓦左右³。电力工业的可持续发展已经成为世界各国关注的重点问题之一，经济、安全、环保成为目前电力工业可持续发展的三大要素。

未来电力系统需要更加经济的发展模式满足不断增长的电力需求。统计显示，由于效率低下，从一次能源到有效电力消费的整个能源链中，大约 80% 的能源损失掉了。包括发电、输电和用电在内的各个环节，运行效率都存在巨大的提升空间。用户用电需求和电网在不同时段的实际负荷情况每天按照波动情况可以划分为高峰、平段、低谷三个时段，一般白天出现高峰，晚上出现低谷。从整体的电量供应来看，电力紧张只出现在用电高峰时段，用电低谷期闲置了部分发电与输配电设备，造成一定的资源浪费。因此有电力专家称：“电力紧张有很大一部分是由峰谷差造成的，峰谷差造成的浪费几乎是天文数字”。近年我国一些地区按照市场规律，采用技术、行政和经济手段，通过“移峰错峰”、“削峰填谷”、节能节电等各项措施，引导电力供需各个环节提高设备利用率、改变

用电方式、降低能源消耗，将有限的电力资源发挥出最大的效用，极大缓解了电力紧缺的局面。然而如果仅仅为了满足高峰需求而盲目新建发电厂和输配电网络，必将带来基础设施投资的大规模增长和设备闲置浪费等问题。

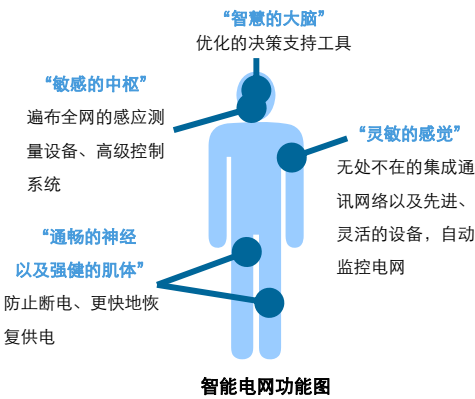
频发的电力故障暴露出电力供应系统的脆弱性，未来需要建设更加安全、可靠的电网。一般电网的输送电量越大，系统运行就越接近稳定的极限，停电甚至较小的扰动事故也变得越来越难以接受。统计显示，仅在美国每年不可靠的电力所造成的损失就多于 1,000 亿美元，相当于花 1 美元买电，同时还得付出 30 美分的停电损失。仅扰动和断电（不计大停电）每年的损失就高达 790 亿美元⁴。发生于 2003 年的北美“8.14”大面积停电事故涉及美国东北部的 6 个州和加拿大东部的两个省，共损失负荷 61.8GW，受影响人数达到 5,000 万，经济损失超过 300 亿美元。2004 年 11 月 4 日，法国、德国、比利时、西班牙和意大利等西欧国家遭遇特大停电事故，大约有 1,000 万人陷入黑暗，有些地方停电长达一个半小时，是欧洲 30 年来最严重的停电事故。2008 年 1 月，我国南方地区连续遭受 50 年一遇的低温雨雪冰冻极端天气，持续的低温雨雪冰冻造成电网大面积倒塔断线，13 个省（区、市）输配电系统受到影响，170 个县（市）的供电被迫中断，3.67 万条线路、2,018 座变电站停运。

当前电力系统的发展面临应对气候变化和保护资源环境的约束瓶颈。2007 年全球 CO₂ 排放 276 亿吨，而 90% 的 CO₂ 排放来自能源生产和消耗。地球气候变暖的严重性深刻指出了能源变革的必然性和紧迫性。电力耗用一次能源占世界消费总量的 40% 以上，其中化石能源发电近 90%，但电力到化石一次能源转换的终端效率仅 30% 水平，电力排放的温室气体占世界排放总量的 40% 以上，世界能源变革中最应该变革、最有潜力的是电力，中国同样如此。中国现今已成为世界第一大 CO₂ 排放国，中国电力 CO₂ 排放占全国排放总量的 40%⁵。未来，世界经济总量和能源消费还将呈增长趋势，电力系统向高效率、低排放的方向发展，对控制温室气体排放具有重要意义。

（2）融合了信息技术的智能电网具备高效、可靠、兼容、开放和互动的特征

智能电网（Smart Grid）将朝着更经济、更安全、更环保的方向发展，它不再像现有电网一样，单纯将生产出来的电力输送给用户，而是从生产电力、保障供给向交互、灵活和高效的模式转变。如果将智能电网比作智慧的人类，那么它拥有了：智慧的大脑、敏感的中枢、灵敏的感觉、通畅的神经以及强健的肌体（下图）。有了这些智能的软件和硬件，智能电网相对于目前的电网将呈现出表 1 列出的特征。

智能电网这些优良的特征体现在电力系统的整个产业链，包括供应侧（发电）、输配电过程以及需求侧（售电和用电）（表 2）。在这三个环节智能电网分别体现着自己的特征，发挥着智能的作用。智能发电过程体现了智能电网的高效性、兼容性；输配电过程体现了智能电网的可靠性和高效性；售电/用电过程体现了智能电网的互动性、开放性和高效性。



资料来源：国家电网公司演示文稿，项目组分析

表 1 智能电网相对于目前电网的特征

特征	目前电网	智能电网
高效性	运行数据与资产管理很少集成	运行高效：拓展电网数据采集，注意事故预防，减少对用户影响，提高运作效率； 资产优化：引入先进的信息和监控技术优化设备和资源的使用效益，提高单个资产的利用效率，从整体上实现网络运行和扩容的优化，降低运行维护成本和投资；
可靠性	自愈性差，应对恐怖袭击和自然灾害能力弱	自愈性好：通过进行连续的评估自测，可以检测、分析、响应甚至恢复电力元件或局部网络的异常运行； 安全性好：无论是物理系统还是计算机遭到外部攻击，均能有效抵御由此造成的对电力系统本身的伤害以及对其他领域的伤害；
兼容性	集中发电为主，分布式电源受制约	大量可再生分布式电源方便地“即插即用”；
开放性	很多设备接入受限	允许更多类型的设备接入电网，并与电网进行互动；
互动性	用户不知情，不参与	激励用户在知情的情况下参与，需求响应和分布式电源的应用； 终端用户不再被动的使用电力，让消费者有自主选择用能方式。

表 2 智能电网实现的功能进步

智能发电	智能输配电	智能售电/用电
推动可再生能源利用，减少对化石燃料依赖	提高系统的安全性和可靠性，加强对电网的实时监测和控制，降低故障频率	加强电力公司、用户、电网、电力市场之间的协调和互动
减少发电环节碳排放，降低对气候变化影响	保障系统提供更加优质的电能	减少能源消耗，提高能源使用效率
提高发电利用效率	提高系统的经济性，即输配电资产的利用效率	促进电动汽车等低碳技术产品的应用
提高清洁低碳能源供应比例，允许新能源接入	确保供电稳定、高效和快速自愈	为用户提供更多用能方式的选择，倡导节能行为和低碳生活模式

表 3 智能电网的技术突破和实现手段

环节	相比现有电网的优势	技术实现手段
发电	○ 提高电力系统安全运行水平； ○ 促进大规模清洁能源科学合理利用； ○ 推动大容量储能技术研究，适应间歇性电源快速发展需要。	○ 常规电源网厂协调关键技术，如常规机组快速调节技术、常规电源调峰技术； ○ 清洁能源发电的并网、运行控制技术； ○ 大容量储能技术和设备。
输电	○ 大幅度提高输电线路输送能力，降低成本； ○ 优化输电网络运行条件； ○ 提高电力系统稳定水平，促进电网的发展和互联； ○ 实现状态评估、故障诊断、状态检修和风险预警，实现对线路运行状态的控制。	○ 卫星定位、智能监测与先进巡检技术； ○ 分析评估诊断与决策技术； ○ 输电线路状态检修、全寿命周期管理和智能防灾技术。
变电	○ 提高电网稳定性和可靠性、输送能力、以及设备健康水平； ○ 为电网的智能调度和设备的运行管理等提供优化和决策依据； ○ 提升变电站资产管理和运营水平。	○ 智能变电站自动化关键技术； ○ 设备在线监测一体化和自诊断设备智能化的关键技术； ○ 智能变电站监测装置和自动化装置的检测检定。
配电	○ 提高电网供电可靠性、系统运行效率以及终端电能质量； ○ 实现分布式发电、储能与微网的并网与协调优化运行，实现高效互动的需求侧管理； ○ 有助于结合先进的现代管理理念，构建集成与优化的配电资产运维与管理系统。	○ 配电自动化系统和配网调控一体化智能技术； ○ 配电网生产指挥与运维管理的信息化系统； ○ 分布式发电/储能及微网接入与统一协调控制技术。
用电	○ 提升供电服务水平； ○ 提高终端用户能源利用效率和电网运行效率； ○ 改变终端用能方式，提高清洁的电能在终端能源消费中的比重，促进节能减排。	○ 用电信息采集系统； ○ 智能用电小区/楼宇、智能用能服务系统、用户侧分布式电源及储能系统； ○ 电动汽车充放电设施；智能用电技术研究检测平台。
调度	○ 实现数据传输网络化，运行监视全景化；实现安全评估动态化，调度决策精细化；实现运行控制自动化，网厂协调最优化。	○ 能量管理系统；广域相量测量系统； ○ 动态稳定监测预警系统；调度管理系统
通信信息平台	○ 实现电网规划、设计、建设、生产、运营、服务信息的全面采集、流畅传输和高效处理，提升设备和业务处理的自动化水平； ○ 提升企业代化水平，实现全网资源的优化配置、高效利用和风险的全面控制； ○ 提升人与应用系统间、电力公司与各利益相关者间的互动水平； ○ 提升电网的智能分析和科学决策水平；为物联网提供通讯载体，拓展物联网应用。	○ 现代通信信息技术； ○ 发电、输电、变电、配电、用电和调度环节的数据采集、传输、存储和利用技术； ○ 通信网络平台； ○ 信息共享透明、流程规范集成、功能强大的业务协同和互操作平台。

智能电网不是从零开始的概念，而是目前电网发展的延伸。也正是由于智能电网在技术上取得的突破（表 3），智能电网才能具有上述的优良特征。

（3）促进低碳技术广泛应用和低碳消费模式改变的助推器

智能电网在电力供应侧能够灵活接入可再生能源，是促进低碳能源利用的助推器。可再生能源具有间歇性、随机性、可调度性低的特点，对于传统被动受电式的电网，这样的电能常常被称之为“垃圾电能”。综合具备水、火、风联合调峰和高安全稳定性等特点的智能电网是打破新能源入网瓶颈的突破口。智能电网能够采用合理的并网控制策略，采用分布式能源管理等手段，最大限度地将在新能源的发电量吸纳、送出、用下，并保证接入后电网的安全运行和调度，成为解决大规模可再生能源上网的关键。

智能电网输送环节的智能化、信息化能够提高输电效率、保障安全和可靠性。智能电网通过对输送环节进行连续的评估自测，可以检测、分析、响应甚至恢复电力元件或局部网络的异常运行，具有良好的自愈性和安全性。智能电网利用远距离、大容量、低损耗的特高压技术、智能调度系统和灵活输电技术对智能站点的智能控制以及与电力用户的实时双向交互，可以降低输送过程的能量损耗以及优化系统的潮流分布，提高输电网络的输送效率。如果到 2020 年我国智能电网可以使输电线路损失率降低 0.1 个百分点，则每年可以减少输电损失 80 亿千瓦时，相当于节约标准煤 250 万吨⁶。

智能电网在电力需求侧能够推动电动汽车、智能家电、智能家居甚至智能城市的发展，对低碳消费起到巨大的推动作用。智能电网以需求侧管理为基础，运用市场模式、强调利益、满足需求原则，引导用户改变用电方式与用电时间、多用低谷电和季节电、多采用高效率设备。发展智能配用电技术，利用安装于用户端的智能电表和其它智能家电，实现电动汽车等更多智能设备的接入，推动包含智能楼宇、智能家电、智能交通等领域在内的智能城市的全面创新，使智能电网成为促进低碳消费模式转变的助推器。

可再生能源的大规模接入、输电效率和安全性的提高以及智能电器和智能城市的发展是各国实现能源独立、保证能源安全和保护环境、应对气候变化的重要途径。分析表明，到 2020 年，建设运行智能电网每年可实现 CO₂ 减排量约 14 亿吨⁷。智能电网已经成为促进低碳技术广泛应用和低碳消费模式改变的助推器，发展代表未来趋势的智能电网也被视作抢占未来产业制高点，创造新的经济增长点与就业岗位的重要举措。美国的高尔文电力行动计划有关研究指出，推广智能电网技术能够创造众多新的经济增长点，仅大规模部署应用分布式发电和储能技术就有望在 2020 年之前为美国带来 100 亿美元/年的经济增长（按照 2020 年分布式发电装机占总装机的 10%估计）。荷兰电工材料协会预测，2009~2012 年间，智能电网项目将在美国国内直接创造约 28 万个工作岗位。

（4）一场全球范围的技术竞争已悄然掀起

各国都已经认识到发展智能电网将在上述的诸多方面发挥重要作用，所以都高度重视该领域的投入和发展，并根据自己的国情以及电力工业的发展现状，有选择、有侧重

的发展智能电网。由于智能电网的概念目前正处于研究和开发阶段，各国、各研究机构、各电力公司和专家对该术语到底包含哪些技术、具有什么特性和功能、发挥什么作用等尚没有统一的意见。而且由于不同国家国情不同，发展智能电网的驱动力不同，对智能电网的认识也不会完全相同（表 4~5）。世界主要发达国家纷纷把发展智能电网作为抢占未来低碳经济制高点的一项重要战略措施。

表 4 各国发展智能电网的主要驱动力

国家	驱动力
美国	○ 电力需求的增长与日益老化的电网结构之间存在矛盾，需要关注现有电网基础设施的升级和更新，提高供电的可靠性，避免发生类似“8.14”的北美大面积停电事故，防止恐怖袭击； ○ 最大限度地利用其突飞猛进的信息技术、通信技术和计算机技术，将其与传统电网紧密结合起来； ○ 利用其先进的表计基础设施和需求响应等技术，实现与用户间的双向流动，促进电力公司在不断开放的电力市场中更好地为客户服务。
欧洲	○ 应对气候变化及环境的压力，分布式电源的高渗透率接入要求电网无歧视开放； ○ 供电的安全性问题，包括一次能源的缺乏、提高供电能力、供电可靠性和电能质量； ○ 国际市场问题，包括提供低廉的电价和提高能效，进行创新和提高竞争能力，有关垄断的管制规程等。
中国	○ 电力需求呈快速增长态势；电力用户对供电可靠性、电能质量及多元化服务的要求越来越高； ○ 可再生清洁能源开发力度不断加大； ○ 整体网架结构相对薄弱，配电网自动化水平较低。

美国：1) 驱动力：美国的电网高速发展期早已过去，大部分电力设施投运了 25 年以上，老化的电网设施与用户需求之间的矛盾日渐尖锐。在国际金融危机的背景下，新任美国总统奥巴马认为能源产业是美国拉动内需和科技创新的最佳结合点，提出了推动智能电网发展的新能源计划，其意图是进行一次新能源产业革命，以此拉动美国经济。2) 概念：美国能源独立与安全法案提出的智能电网强调的是现代化的电力传输系统。3) 行动：美国智能电网的发展具有“规划最早、投入大、发展快、企业参与度高”等特点。政策规划方面：美国能源部自 2003 年起，大约每隔两年提出一个关于智能电网发展的报告，例如《Grid 2030——电力的下一个 100 年的国家设想报告》、《智能电网系统报告》，都为智能电网这一涉及美国国家战略的问题提供了决策依据。《能源独立与安全法案》的出台，使智能电网发展又迈进了一大步。国家行动方面：在政策规划的指导下，美国能源部以现代电网活动计划（MGI）、北美同步相量计划为依托，加大对发展智能电网相关技术的投入。企业参与方面：摩托罗拉公司、美国电力公司、Xcel Energy 公司等多个企业积极参与发展智能电网行动，为智能电网发展注入活力。

欧洲：1) 驱动力：欧盟发展智能电网，严格的温室气体排放政策显然起到了更大的推动作用。其建设重点是促进并满足风能、太阳能等可再生能源快速发展的需要，充分开发利用大型集中式发电和小型分布式电源，减少碳排放量。比如丹麦风力充足，所以因地制宜地将建设智能电网的关键放在利用储能技术解决好风电的间歇性上。他们用电动汽车上的电池来存储多余的风电，有需要时电池又将电力回输到电网中。再如意大利能源比较短缺，电力峰谷差不断拉大，他们发展智能电网的重点是大力推进智能表计项目，以有效消减高峰负荷、节省基础设施投资、提高服务水平。2) 概念：欧洲智能电网技术委员会提出的是智能化集成的电力网络。3) 行动：欧盟智能电网的发展具有“行动较早、成效显著、欧盟与各国共同规划”等特点。政策规划方面：在欧盟智能电网发展战略框架的统一指导下，欧盟各个国家纷纷制定符合自己国家国情的智能电网发展战略。国家行动方面：从欧盟层面来看，主要包括一些研究资助机制和框架计划项目如第五框架计划 FP5 (1998~2002)、第六框架计划 FP6 (2002~2006) 和正在进行中的第七框架计划 FP7 (2007~2013)。欧盟各个国家也采取了一系列国家行动发展智能电网。企业参与方面：在欧盟智能电网发展规划和相关政策的引导下，各国电力相关部门也正如火如荼地开展智能电网项目研究和试点实践建设活动。

中国：1) 驱动力：中国区域经济社会发展差异大，能源资源分布很不平衡，人均资源少，产业结构、消费结构、经济增长模式及电源电网发展状况等都有着自身的阶段性特点。从国内整体形势来看，我国能源工业发展面临的安全、效率与环境问题变得日益突出，需要通过建设智能电网以推动电网发展方式的转变，进而推动能源开发、输送和利用方式的转变，从而实现能源工业的可持续发展。据初步估算，到 2020 年，通过发展智能电网，提高电网输电效率和电能终端使用效率，推动水电、风能及太阳能等清洁能源开发利用，可节约标煤 4.7 亿吨，减排 CO₂ 13.8 亿吨⁸。此外，智能电网建设对于拉动经济增长，解决社会劳动就业也将发挥重大作用。2) 概念：在中国，国家电网提出的是以特高压电网为骨架的坚强电网，余贻鑫院士和武建东教授分别从自动化电网、互动电网角度对智能电网进行了描述。3) 行动：智能电网的发展为中国电力工业实现跨越式发展，建设世界一流电网提供了历史机遇。从国际形势来看，智能电网建设尽管处于起步阶段，但其发展代表了未来电力工业发展的趋势，是新的能源科技革命的重要组成部分。哪个国家能够掌握智能电网的核心技术，就有可能成为世界电力工业新的领导者，就有可能在未来的全球竞争中占据有利地位。中国开展智能电网的体系性研究相对较晚，还没有国家政策规划和国家行动，但是已经有省级的规划出台。中国以企业为主体，科研院所为支撑，在智能电网相关技术领域也已做了较多工作，已基本形成了以坚强电网建设为基础，兼顾智能配电、用电的发展模式。政府、企业、科研机构正在加强沟通协作，共同推动智能电网向前发展。

综合目前各国探索和研究，智能电网可以看作将信息技术、通讯技术、计算机技术和原有的发电、输电、配电、用电基础设施高度集成而形成的新型电网。具体地可以描述为：将信息和通信技术集成入电力基础设施，获得的数据通过网络系统进行收集、整

合，并对数据进行分析和挖掘，接近实时的信息使整个网络作为一个集成框架加以管理，主动地检测、响应和管理各个地区和设备的电力需求、供应、成本、质量和温室气体排放量。同样，用户也能够参与管理能源使用，获得满足自己需求的电力。随着智能电网的不断发展，智能电网的概念会在实施过程中不断丰富、发展和明晰。

表 5 智能电网的不同概念

来源	概念
美国（美国能源独立与安全法案）	智能电网是现代化的电能传输系统，能监视、保护和自动优化所有相联元件的运行，包括集中式和分布式电源、高压输电网络和配电系统、储能装置、工业用户、楼宇自动化系统、终端用户及用户恒温调节器、电动汽车等。
欧盟（欧洲智能电网技术委员会）	智能电网是为了高效地传输可持续、经济和安全的电能，智能化集成发电机、用户及与之相连的所有元件的电力网络。
中国国家电网	坚强智能电网是以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，具有信息化、自动化、互动化特征，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代电网。
中国天津大学 余贻鑫院士	智能电网是指一个完全自动化的供电网络，其中的每个用户和节点都得到实时监控，并保证从发电厂到用户端电器之间的每一点上的电流和信息的双向流动。它通过广泛应用的分布式智能和宽带通信，以及自动控制系统的集成，保证市场交易的实时进行和电网上各成员之间的无缝连接及实时互动。
中国能源专家 武建东	互动电网将智能电网的含义涵盖其中。互动电网定义为：在开放和互联的信息模式基础上，通过加载系统数字设备和升级电网网络管理系统，实现发电、输电、供电、用电、客户售电、电网分级调度、综合服务等电力产业全流程的智能化、信息化、分级化互动管理，是集合了产业革命、技术革命和管理革命的综合性的效率变革。它将再造电网的信息回路，构建用户新型的反馈方式，推动电网整体转型为节能基础设施，提高能源效率，降低客户成本，减少温室气体排放，创造电网价值的最大化。

目前，智能电网技术的应用虽然呈增长趋势，但是存在技术成本高、缺乏标准和集成工具等问题，其增长率还较缓慢，还处于技术的初期发展阶段。同时，由于技术的配套政策方面还存在不确定性、用户对智能电网技术的认识尚且不足，智能电网的发展还有很长一段路要走。但是从技术发展规律来看，随着智能电网技术逐渐被大量采用，智能电网将成为未来电网发展的共同愿景，其相关政策、技术和用户认识水平都会随之提高和完善。

2. 集中式可再生能源接入

(1) 发展智能电网是促进我国可再生能源大规模发展的关键之一

我国的可再生能源资源具有资源分布广、利用潜力大、环境污染小、可永续利用等特点，其发展具有两个基本特征：

一是我国能源供应（包括可再生能源资源）与能源需求中心呈逆向分布。我国煤炭资源约 76% 的储量分布在西部地区，而能源消费需求集中在经济较为发达的中东部地区。西部地区可再生能源的资源量也极其丰富，新疆北部、内蒙古、甘肃北部等地区的有效风能密度为 200~300 瓦/平方米，全年风速大于或等于 3m/s 的时数为 5,000h 以上，风速大于或等于 6m/s 的时数为 3,000h 以上⁹。气象局最近的风能资源普查结果显示，新疆、甘肃、宁夏、内蒙古是一个巨大的风力带，仅新疆就有 9 大风区，风能资源储量达 8.72 亿千瓦，占中国陆上风能资源总量的近 40%，风电可装机容量超过 8,000 万千瓦。而中国经济发达的东部地区 85% 以上的能源依靠外调，近年来频频承受“电荒”、“油荒”的困扰¹⁰。

二是我国可再生能源的发展呈加速增长态势，“十一五”期间呈跳跃式发展，2010 年可再生能源消费占能源消费总量的 8.3%。全国水电装机容量达 2.1 亿千瓦左右，水电年发电量 6,500 亿千瓦时，折合 2.08 亿吨标煤，占能源消费量 6.3%；风电累计装机容量 4,000 万千瓦，装机规模达世界第二位；生物质发电装机约 550 万千瓦；国内光伏发电应用市场开始起步，2009 和 2010 年连续两年新增装机容量均为之前的累计总和¹¹。

根据国家电网能源研究院的测算，若到 2020 年风电装机容量提升至 1.5 亿千瓦，没有智能电网，电网只能消纳规划中的 5~6 成，因此亟需建设远距离输电线路，并全面发展智能电网¹²。中国已提出到 2020 年非化石能源占一次能源 15% 的目标，其中风力装机容量达到 1.5~2 亿千瓦，相当于 13 个三峡电站，总发电量将达 4,600 多亿千瓦时¹³。

发展集中式可再生能源上网技术可以克服风能、太阳能等清洁能源电源的波动性和间歇性特点，对其进行有效调控，采用合理的并网控制策略，实现大型可再生能源电源的有序接入和退出。目前我国发展分布式可再生能源上网技术是不现实的。分布式电源的种类很多，包括风力发电、光伏电源、燃料电池和储能装置（如飞轮、超级电容器、超导磁能存储、液流电池和钠硫蓄电池等）。分布式电源为系统运行提供了巨大的灵活性，当大电网遭到严重破坏时，这些分布式电源可自行形成孤岛或微网向重要用户提供应急供电，但目前在我国还不能实现分布式电源即插即用目标，并且分布式电源电量小，成本高，技术不成熟，商业模式不健全，实施主体不明确，发展面临诸多挑战。

(2) 集中式可再生能源并网的实践与发展

目前世界各国在集中式可再生能源电力（主要是风力发电和光伏发电）并网的技术、相关政策和接入标准方面，都取得了一定的进展。

技术

发展集中式可再生能源并网在技术上完全可行，发达国家在这方面起到了很好的示范作用。如欧盟为了实现其 2020 年可再生能源发展目标，来自 13 个国家的 15 个输电运营商共同启动了一项泛欧洲的风电并网研究（EWIS），该项目由欧盟提供资助，覆盖了欧洲所有的四个电力系统——欧洲大陆互联电网、英国电网、爱尔兰电网和北欧电网，研究项目涵盖了所有和欧洲大规模风电并网相关的技术、运行和市场等方面内容。目前在北欧的几个国家，可再生能源已拥有 30% 以上的发电量份额。美国可再生能源目前只占总容量的 7%，而预期到 2020 年将达 25%¹⁴。根据欧洲风能协会的数据，截至 2009 年年底，欧盟 27 国风电累计装机容量达到 7,476.7 万千瓦（其中海上风电装机容量 206.1 万千瓦，陆上风电装机容量 7,270.6 万千瓦），约占其全部发电装机容量的 9.1%，发电量约占其全部发电量的 3.5%¹⁵。

我国风电发展早于光伏发电，风电并网技术要好于光伏发电。在风电和光伏发电并网方面，已投运的主要是示范项目，运行数据的缺失使大规模发电并网究竟会对电网造成多大影响难以说清。国家电网公司建立了风电接入电网仿真分析平台，开展了风电对电网的影响及控制运行对策研究，完成了甘肃酒泉大型风电基地输电规划的输电方案及技术经济论证。国家电网通过上海大桥海上风电场（10 万千瓦）、世博园场馆太阳能发电（4,867 千瓦）等项目开展新能源接入试点及关键技术研究。此外，科技部通过 863 项目支持开展兆瓦级并网光伏电站及其相关技术的研究，并借鉴发达国家发展光伏屋顶系统的经验，在经济发达、现代化水平较高的大中城市的公益性建筑物和其他建筑物上推广使用与建筑结合的光伏电源。此外，科技部给予支持的国家电网公司“分布式光伏电源接入配电网的规划设计和运行控制技术研究”项目首次全面系统地建立了分布式光伏电源静态、暂态和可靠性分析等全系列仿真计算模型，完成了电网消纳光伏电源能力、光伏发电对电网电能质量影响等 10 个方面专题研究，提出了消除光伏电源对电网影响的应对措施，编制了分布式光伏电源接入配电网典型设计方案、规划设计导则和运行控制导则¹⁶。2010 年 11 月，被纳入国家“金太阳”示范工程目录的国内最大单个屋顶型薄膜太阳能光伏发电系统在深圳开始并网发电，该项目由中国光大国际有限公司与杜邦太阳能有限公司合作建成，设计装机容量 1.3MW，每年将提供 148 万度电，相当于每年减少 1,480 吨 CO₂ 排放¹⁷。尽管可再生能源并网方面技术上存在可行性，但是要想从示范项目进一步发展为大规模的实际应用还需要政策标准上的支持和引导。

总体政策

美国、欧洲、日本等主要发达国家通过《可再生能源法》等政策法规，为可再生能源发展提供财政补贴、税收优惠、信贷支持等，制定切实可行的可再生能源电力并网管理办法。既鼓励可再生能源开发，又对可再生能源电力的并网条件、设备认证和监测机制、出力预测水平以及相关奖惩制度作出明确规定。在中国，虽然修改后的《可再生能

源法》明确了电网企业与可再生能源并网发电的利益关系和责任关系，但是在解决可再生能源电力并网制约问题和智能电网发展方面仍然不够明确和具体¹⁸。

接入标准

并网技术标准是实现风电大规模入网的基础。德国、西班牙、丹麦等国执行的是具有法律约束力的强制性的并网导则。西班牙要求所有新建风电机组必须具备低电压穿越和有功、无功控制能力，对早期并网不具备低电压穿越能力的机组进行技术改造。欧洲各国不一致的标准已给风机制造商和风电开发商带来了很大麻烦，为此欧洲风机制造商、风电开发商、监管机构等组成了欧洲并网导则工作组，研究制定了统一的欧洲并网标准，促进欧洲风电并网。我国工业和信息化部发布了《风电设备制造行业准入标准》（征求意见稿），促进风电设备制造业健康有序发展。国家电网制订了《风电场接入电力系统技术规定（GB/Z 19963-2005）》、《风电场接入电网技术规定》等企业行业标准。

（3）我国发展智能电网、促进可再生电力并网建议关注的主要问题

统筹规划布局

目前我国近三成的机组处于闲置状态。国际经济交流中心秘书长、商务部原副部长魏建国认为，技术发展落后是风电机组闲置的重要原因，“目前新能源产业项目审批与电网的规划脱节，电网的发展滞后于新能源的发展，新能源发电上网难的问题越来越突出”¹⁹。总投资达 3.83 亿元的中国甘肃敦煌首批两个大型光伏发电特许权示范项目早已完成建设，但截止到现在这两个项目发的电仅有 20%实现了并网²⁰。要想克服新能源入网存在的电网发展与新能源发展不匹配的问题，必将挑战电网稳定性，花费大量人力、物力和财力对电网进行升级改造，这对电网企业的积极性会产生影响。建议在国家层面对新能源电力的发展进行支持和引导，统一规划电网和电厂建设，协调同步发展，不可偏废任何一方。

加大技术研发，实现可再生能源大规模并网及其远距离输送

由于我国可再生能源的供应中心和需求中心距离长，呈逆向分布，目前我国的区域电网无法解决如此大规模的可再生能源上网问题，发展远距离输送和智能电网是解决大规模可再生能源上网的关键。结合我国可再生能源特点，国家电网提出建设坚强智能电网，重点考虑特高压输配电，有其合理性。坚强智能电网建设支撑特高压电网运行，从空间上来看，特高压输电使得两端系统之间的电气距离缩短，1,000 多千米的 1,000 千伏特高压输电线路在电气距离上只相当于几百千米的 500 千伏输电线路，这使得大区电网之间电气距离缩短。

由于风能、太阳能等可再生能源具有波动性和间歇性的特点，需要对其进行有效调控。主要解决思路是通过天气等情况预测清洁能源电源功率变化情况，采用动态储能和先进电力电子技术，尽可能减小电源波动对电网的影响；同时在确保电网安全可靠运行前提下，将大型新能源电源纳入调度计划，通过经济调度优化资源配置。

国外风电发展初期，并网技术的研究重点是机组本身控制以及风电接入对配网的影响；随着风电规模的增加和接入电网电压等级的提高，大部分国家把并网技术的重点集中到大规模集中开发和远距离输送的问题上。欧洲在风电并网方面技术非常成熟，一是建立风电功率预测系统和考核机制。丹麦、西班牙等国家均要求所辖范围内的各风电场业主建立风电功率预测系统。二是建立风电场实时监控系统。西班牙要求各风电场必须建立各自控制中心（RESCC），规定容量在 10MW 及以上可再生能源必须接入 RESCC；在西班牙电力调度中心（CECOEL）增设了可再生能源控制中心（CECRE），对各风电场监控中心进行实时监控²¹。

我国在这方面的技术相对比较薄弱，小范围的示范项目技术上可以实现，但是大规模风电并网和光伏发电并网相适应的大电网协调运行、以煤为主的电力结构的调峰等技术依然存在障碍。建议国内企业要加强自主创新，或者引进-消化-吸收-再创新，为新能源大规模并网和大电网协调运行提供技术支持，加强大规模新能源并网的实用化并网测试和验证；科学计算我国电网可以消纳多少可再生电源，科学规划新能源并网，灵活调度清洁电力；加大电网投资，新建、改建输电线路，提高输电容量，扩大输电的消纳区域，加强系统互连；强化我国风电功率预测工作，督促和指导各风电场建立本场的风电功率预测系统；加快建立完善风电场运行监控系统，尽快实现风电场实时运行数据接入相应调度机构；加强技术控制手段，严格设备检测认证和并网制度。

尽快出台相关标准和技术规范，统筹考虑和协调各利益相关方的观点

目前，除国家电网制定的《风电场接入电力系统技术规定》（GB/Z 19963-2005）、《风电场接入电网技术规定》等企业标准外，国家还没有制定出风电并网和光伏发电并网的技术标准，特别是大型光伏电站，相关标准和技术规范还是空白。这些技术标准的缺失，使得电网公司没有依据可以遵循，从而延缓了并网进度。

新的标准和技术规范可以推动行业发展和技术进步。如欧洲就制定了具有法律约束力的强制性的并网导则，在政策和技术细节上统一风电并网发展。目前我国协调电力行业和装备制造业的风电并网国家标准（新国标）还未出台，据专家说该标准比现有的风电行业的唯一标准——国家电网公司颁布的《风电场接入电网技术规定》要高出一些²²。为配合新国标的实施，在并网方面，国家层面下一步将推出风电并网检测认证制度，这将是风电企业并网的“准入门槛”。检测认证制度将通过国家风电技术与检测研究中心对国内生产、使用的风电机组进行检测与检验，满足风电设备认证的检测要求，可为风电设备制造企业独立进行试验提供场地和测试设施。根据规定要对已投产机组进行评估，不合要求的要逐步实施改造，而新投产的机组将以此为标准进行并网认证。新标准尽管会增加研发制造成本，但标准更多地可以起到推动行业发展和技术进步的作用。

建议我国结合发达国家的风电并网导则，细化完善风电并网国家标准；尽快制定光伏发电的并网规范，解决可再生能源电力并网制约问题，实施灵活的新能源接入策略。

3. 用户侧管理和应用

(1) 智能设备接入用户侧应用是实现用户侧管理的重要手段之一

用户侧管理是对电力用户推行节电及负荷管理工作的一种模式，实质是运用市场模式、强调利益、满足需求原则，引导用户改变用电方式、用电时间、合理消费、多用低谷电和季节电、多采用高效率设备。

通过用户侧管理，发展智能配用电技术，利用安装于用户端的智能电表和其它智能家电，按一定时间间隔将用电信息通过通讯网络传到数据中心，实现用电与配电、输电、发电各环节之间的信息互动与共享。在此基础上，进行数据分析与处理，为用户提供实时电价信息和用电决策建议；当系统处于紧急状态或用户侧响应并得到用户许可时，对用户室内用电装置进行自动负荷控制；借助用户本地的分布式电源和储能装置，实现发电和用电之间的交互响应和自动调节。

智能电网用户侧的应用是实现用户侧管理的重要手段之一，它可以实现更多智能设备的接入，推动智能楼宇、智能家电、智能交通等领域技术创新，并带来更多增值服务，还可达到减少发电装机、降低发电成本和提高用电效率等目标。其中智能电表仅通过电表与用电侧和电力公司之间的通信自动地计费、收费。而且，如果采用分时电价，可以促使用户在高负荷状态时减少用电，将电能尽量转移到电网低负荷时间，从而减少电力系统运行成本。这种在电力系统用户侧进行的优化具有非常好的效果，数据显示，终端用户在增效节能方面每投资 1 元，就可以令电力生产环节节约 2 元的投资。

(2) 智能电网用户侧管理和应用的国内外实践

目前各个国家在智能电网用户侧管理和应用的实践活动主要集中于智能电表、智能家电、分时电价等领域，其中智能电表是由测量单元、数据处理单元等组成，具有电能计量、信息存储及处理、实时监测、自动控制、信息交互等性能；能够促进电力消费可视化、提高用户能源管理的能力。如美国电力公司在印地安那州南本德市选择了 1 万名用户，组建了由 1 万只电表构成的使用公共通信设施的高级量测系统，通过为用户及时提供分时电价信息，由用户主动选择何时用多少电；美国 Xcel Energy 公司在科罗拉多州博尔德市通过集成应用多项智能电网技术来证明智能电网的优越性，截至 2009 年 5 月，已安装了 15,000 只支持双向通信的电表，用于监视 3,200 个变压器和 5,200 个网络元件；法国电力公司（EDF）将法国目前使用的 2,700 万只普通电表全部更新为“智能电表”，这种电表能使用户跟踪自己用电情况，并能进行远程控制。澳大利亚从 2007 年开始，在全国范围内推行智能电网高级量测体系项目，引入分时电价（基于时间间隔计量），使用户能够更好地管理电能消耗，减少温室气体排放。

在我国，2008 年上海市电力公司开展了智能配电网相关研究，重点关注智能表计、配电自动化以及用户互动等。国家电网的发展规划中也包括对于智能电表和用户侧管理

的内容，出台了企业标准——《智能电能表功能规范》，按第一阶段建设期 3 年计算，智能电网建设需要改造和更换的电能表达 1.3 亿只左右。2010 年 11 月出台的《电力需求侧管理办法》²³，针对电力需求侧提出了十六项定性或定量的管理和激励措施。《办法》明确，发改委负责全国电力需求侧管理工作，电网企业是电力需求侧管理工作重要的实施主体，自行开展工作并与其他各方提供便利条件。此外，电力需求侧管理所需资金来源于电价外附加征收的城市公用事业附加、差别电价收入、其他财政预算安排等。加强对电力需求侧的管理将引导居民或工业节约用电。

(3) 智能电网用户侧管理和应用应关注的主要问题

灵活的分时电价政策

灵活的分时电价政策是用户侧管理的政策基础。电力行业的运行模式一直是电力公司能够按时将电力输送到所需位置，用户向电力公司缴纳费用。但是，智能电网在用户侧的应用可能极大地改变这种商业模式，智能电表、电动汽车以及其它更高层面的智能电网用户侧的应用将实现更多智能设备的接入，并带来更多增值服务。随着更多智能用电技术的开发，未来在用电终端也可以打造出自动化程度更高的体系，同时用户也更具“主动性”。高智能化的电表可以与各种用电设备进行“交流”，更好地管理整个用电终端。可以通过灵活的分时激励电价政策作为基础，发展创新的商业模式。

终端智能设备的开发

终端智能设备的开发（如智能家电）是用户侧应用的基础，蕴含着巨大的市场商机，应该鼓励更多的企业参与其中。到 2015 年，中国智能家居的市场规模将达到 1,240 亿元²⁴。试图借智能电网开辟新市场的家电企业比比皆是，2009 年 3 月，海尔集团与国家电网旗下的国网信通联合启动智慧用电计划，同时海尔集团将智能家电列为战略发展方向，2009 年共拿到研发经费 3 亿多元。海信公司 2010 年下半年与国家电网联合制定行业标准，2011 年联合建立样板房和示范工程，争取政府的政策支持。

个人信息保密问题

智能电网终端用户侧管理会导致用户的大量个人和用电信息外泄，如何保密是一个比较严重的问题。需要由政府相关部门主导，电力企业配合，制定电力信息双向互换规则，明确对电力用户消费信息等资料的利用方式、用户信息保密等注意事项。

政策细则和技术标准

国家也需要尽快出台用户侧管理和应用的一些政策细则和技术标准，推动用户侧应用发展，利于节能减排。需进一步细化《电力需求侧管理办法》，完善涉及智能家电、智能电表、用户互动方面的政策和技术细则，发电企业和电网公司共同促进智能电网的用户侧管理和应用。

4. 电动汽车和智能电网

(1) 智能电网与电动汽车的发展相辅相成、互为促进

电动汽车是汽车产业的发展方向，智能电网是电力经济和技术发展的必然趋势，电动汽车入网（Vehicle to Grid，简称 V2G）技术就是电动车辆的能量在受控状态下实现与电网之间的双向互动和交换，是“智能电网储能技术”的重要组成部分，应用 V2G 和智能电网技术，在满足电动汽车用户行驶需求的前提下，将剩余电能双向可控回馈到电网。目前 V2G 技术还只是一种构想，发展面临着很多困难。

智能电网是电动汽车发展的高速公路

电动汽车和智能电网结合的 V2G，解决了电动汽车大规模发展带来的充电压力问题，如果电网不够智能，电动汽车就必须限制发展了。电动车有蓄电池，要充分发挥蓄电池的作用，在用电低谷期给它充电。然后等有需要的时候，蓄电池就可以给家里供电或者输送给电网。如果没有智能电网，不能够接纳可再生能源上网，那么电动汽车消耗的电力依然来自于化石能源，对于解决气候变化问题没有帮助。

电动汽车是智能电网的友好成员

推动电动汽车产业发展，将电动汽车作为移动的、分布式储能单元接入电网，引导夜间低谷充电，积极开发 V2G 技术，对于扩大电力终端用电市场，降低需求侧峰谷差，提高电力供需平衡和电力设备负荷效率，具有重要的意义。如上海 2009 年最大的峰谷差已经达到 967 万千瓦，98% 的高峰负荷（约 40 万千瓦，相当于一台 40 万千瓦火电机组）不超过一天、95% 的高峰负荷（约 120 万千瓦，相当于 4 台 30 万千瓦火电机组）不超过 100 小时，90% 以上的车辆 95% 的时间处于停驶状态，这为电动汽车作为移动的储能单元提供了基础。如果以每辆电动汽车快速放电 100 千瓦计，4,000 辆电动汽车同时放电就可满足电网的 40 万千瓦的负荷。火电机组平均造价按 6,000 元/千瓦计算，这就相当于节省了 24 亿元火电机组的发电容量投资²⁵。如果全部在夜间吸收低谷电，发电机的效率能够有效提高、发电煤耗随之大幅降低。电动汽车车主可以在晚上用低谷电充电，在白天负荷高峰时，则可以把电池储存的电能输出给电网，从而实现成本最小化²⁶。电动汽车是智能电网非常友好的成员，是智能电网的一部分，是移动的储能设备。

(2) 电动汽车作为智能电网储能技术的国内外现状

在智能电网中，应用储能技术不仅可降低间歇式发电对电网的影响，还可以改善电能质量，为电网提供紧急功率和峰荷电力支持，并提高大型新能源电源和分布式电源的运行效率等。电网储能技术除抽水蓄能电站外，最主要的应用方式为电化学储能，包括钠硫电池、液流电池和锂离子电池等技术。电化学储能技术是目前最具有应用前景的电网储能技术，其主要功能是为电力系统提供动态功率补偿，准确及时地消除系统中的不平衡功率。电动汽车作为众多储能技术的一种，其发展在我国具有特殊性。在欧洲抽水蓄

能非常普遍，而我国可再生能源主要分布在西部，但是西部稳定的水资源缺乏，因此我国发展抽水蓄能不现实，电动汽车是可行的储能和反馈电网的技术选择。

各国政府相继发布电动汽车发展战略和国家计划，全力推进电动汽车产业化。美国奥巴马政府实施绿色新政，把电动汽车作为国家战略的重要组成，计划到 2015 年普及 100 万辆插电式混合动力电动汽车（PHEV）。日本把发展电动汽车作为“低碳革命”的核心内容，并计划到 2020 年普及包括电动汽车在内的“下一代汽车”达到 1,350 万辆，为完成这一目标，日本到 2020 年计划开发出至少 17 款纯电动汽车、38 款混合动力车。德国政府在 2008 年 11 月提出未来 10 年普及 100 万辆纯电动汽车和插电式混合动力汽车，并宣称该计划的实施，标志德国将进入电动汽车时代。国家战略的发布实施，对产业发展有着十分重要的导向作用，必将进一步加快国际电动汽车产业发展的进程²⁷。

国外电力公司积极参与电动汽车与智能电网融合的研究、应用、试点、示范和标准制定。TEPCO 与富士重工和三菱汽车合作开展电动汽车示范应用，研发快速充电站，计划 3 年内建设 1,000 个充电站。法国 EDF 拥有 3,000 辆电动汽车的车队，积极参与充电站建设并初步形成网络。德国 RWE 与 Daimler 合作，启动柏林电动汽车示范项目，投入 100 辆 smart 和 Mercedes-Benz，建 500 座充电站等。目前对于充电市场发展，欧洲企业宣布已在国际电气标准会议和国际标准化机构设立机构开展标准化活动，欧洲汽车市场已经确立了插电式汽车的接口标准规格，这增加了竞争对手的研发和配套成本。

在丹麦²⁸，政府在博恩霍尔姆岛建设了一个智能电网与电动汽车的示范项目，将岛上各家庭的电动汽车作为一个终端接入电力网，可以作为家庭储电设备来使用。这使得整个岛上的风电供需保持了一个平衡，供电的稳定不再受风力变化的影响。2008 年时，丹麦还出台了电动汽车购置税免税的政策；并且还提出在 2012 年为止，在全国范围内设置 20 万处充电场所的计划。所以对于丹麦来说，智能电网能够更有效地利用风力发电；而电动汽车作为智能电网的重要一环，使得政府同时又大力推广电动汽车的普及。

我国对电动汽车与智能电网的融合技术研究起步较晚。2006 年国家电网公司部署实施了电动汽车重大科研专项，并在用电环节建立了电动汽车充电站试点工程。2009 年 8 月，上海市电力公司历时 3 年建成国内第一座具有商业运营功能的电动汽车充电站——漕溪电动汽车充电站，总投资 508 万元。2009 年 12 月底，南方电网公司在深圳筹建的首批两座电动汽车充电站和 134 个充电桩投入使用，其充电容量总计达 2,480 千瓦安。截至 2010 年 5 月，国家电网系统已累计签署 267 份电动汽车充电设施建设战略合作框架协议，占全国 273 个地级以上城市的 98%，数十座电动汽车充电站已经进入施工建设阶段。预计到 2011 年，国家电网在全国建成电动汽车充电站 4,000 座，初步形成电动汽车充电网络，到 2016 年，建成充电站 10,000 座，同步全面开展充电配套设施建设，建成完整的电动汽车充电网络。为了推广使用新能源汽车，到 2012 年，财政部也将投入 200 亿元，重点用于充电站的建设和电网改造，普通消费者购买的财政补贴和税

费减免，以及相关企业的税费减免，形成了一个庞大政策市场。目前在电动汽车与智能电网的融合领域，国家还没有出台相关的标准及措施。

(3) 我国发展电动汽车和智能电网应着重关注的主要问题

电动汽车与智能电网需要协同发展

电动汽车与智能电网的关系既是优势也是挑战。一方面，电动汽车与智能电网可以互为促进发展，智能电网不仅可以保障电动汽车有序充电，而且可以通过分时电价政策引导客户调整充电操作，而随着电池技术的突破，电动汽车甚至将成为移动的储能机构，并最终成为智能电网的一部分。另一方面，电动汽车与智能电网必须协同发展，否则电动汽车与智能电网的融合将只会是一种愿景。

加强研发示范，充分利用我国市场大的优势

电动汽车与智能电网都处在发展初期，需要特别加强研发和示范，利用我国市场大的优势，发现问题解决问题。与传统燃油汽车相比，电动汽车存在充电时间长、续航里程短、使用成本高等一系列问题，电池技术性能和成组寿命亟待提高，为此要加强技术研发、创新和示范。电动汽车成本高导致整个电动汽车的产业链处于亏损状态，需要充分利用我国市场大的优势，研究如何实现电动汽车与智能电网的双向互动，使得电动汽车能够更好利用可再生能源电力、削峰填谷，为电动汽车发展创造利益的增长点。

协调汽车企业和电网企业，共同重视和发展相关标准

电动汽车与智能电网的融合需要一系列的标准，如电动汽车与智能电网连接标准、充电站标准等。标准制定权的获得可以使企业在未来数十年中获益，汽车技术供应商除积极探索电动汽车能源供给模式及其相关技术研究外，应该在提供最具竞争力的产品的同时，积极配合政府及电网企业，努力将技术优势转化为市场优势，从而利用市场竞争的力量成为事实的产业标准。

创新电动汽车充放电服务模式，真正起到削峰填谷的作用

随着电动汽车应用数量的增加，电动汽车充电模式将对电网的运营产生重大影响，对系统的稳定带来隐患；建设公用充电场所需要巨大的投资。电动汽车的应用在给电力公司带来挑战的同时，也为拓展电力市场、平衡电网负荷、延缓电网基础设施投入提供了机遇。政府可以从环保、交通、财政金融、行政管理、宣传引导等各方面全方位给予支持，减少市场培育初期的风险。同时，政府还应该考虑出台相关配套政策，如土地政策、税收政策、电价政策、补贴政策等，使得电动汽车储能的削峰填谷有利可图，并吸引更多的市场力量参与进来。电网企业参与充电市场是自身发展的需要，充电市场可使得其产业链得以延伸：电动汽车相当于其电网终端的新增客户，其未来规模化发展也将大幅带动用电量的增加。同时，家庭用电动汽车主要是晚上充电，因此，通过电动汽车的发展可以起到调节峰谷差的作用，改善电网的运行效率²⁹。

5. 政策与标准

智能电网的政策和技术标准对其发展至关重要。政策指引着一个国家智能电网的发展方向，一个政策的出台，会带来大量社会资本、资源的投入；而技术标准为智能电网的设备和通信技术在国际上的通用化铺平了道路，也是各国企业在抢占未来智能电网发展先机竞争力的一种体现。

(1) 政策

美国：美国将智能电网的发展上升为国家战略，发展重点集中在配电网和终端用户侧，致力于应用通信技术和智能控制技术提高电网的智能型，强调用户的参与和互动，通过为用户提供实时电价信息和丰富的控制手段，引导用户改变需求响应，错峰填谷，使负荷曲线变得平坦，使一部分备用容量得以利用，延缓发电机和输电线路的建设，从中获益。同时加大现有网络基础设施的投入，积极发展清洁能源，推广可插电式混合动力汽车，实现分布式电源和储能的并网运行。

欧洲：通过三份战略性文件构成了其发展智能电网的战略框架，发展重点是可再生能源的接入和跨国互联网的发展，这是与欧洲电力系统乃至社会经济的发展相一致的。欧洲的很多国家非常重视环境保护，可再生能源的利用比例很高，特别是陆上和近海风力发电，急需通过智能电网的建设解决间歇性的可再生能源发电的接入问题。

日本：2009 年 4 月公布了“日本发展战略与经济增长计划”，其中包括了太阳能发电并网、未来日本智能电网实证试验、电动汽车快速充电装置等内容。

其他发达国家如韩国、加拿大、澳大利亚、新西兰等都准备制定或在积极推进智能电网在本国的发展，以抢占未来智能电网市场。

我国新修订的《可再生能源法》明确规定：“电网企业应当加强电网建设，扩大可再生能源电力配置范围，发展和应用智能电网、储能等技术，完善电网运行管理，提高吸纳可再生能源电力的能力，为可再生能源发电提供上网服务”。2010 年智能电网被列入政府工作报告，随后国家能源局将智能电网纳入能源行业“十二五”规划中。科技部 863 计划也将智能电网关键技术开发作为重大项目予以支持，预计在“十二五”期间投资 10.5 亿元，用于专项研究，涉及的研究内容包括大规模风电接入电网、电动汽车、高密度分布式电源、太阳能发电、输变电设备等 20 几个课题。另外，国家自然科学基金委电工学科“十二五”期间应该优先资助领域也包含智能电网关键技术研究。

尽管目前国家层面的智能电网规划还未发布，但是各地方政府、两大电网企业（国家电网和南方电网公司）、设备生产商和科研机构等正在积极开展智能电网研究和建设工作。尤其是国家电网公司，于 2010 年 3 月发布《国家电网智能化规划总报告》，于 6 月 29 日，发布《智能电网技术标准体系规划》和《智能电网关键设备（系统）研制规划》，加快了建设坚强智能电网的步伐。

(2) 技术标准

技术标准问题是智能电网发展公认的一道坎，对于技术标准制订的争夺主要存在于两个方面，一是电网标准的问题，二是设备标准的问题。伴随着国家政策的出台，发达国家在制定技术标准方面走在了发展中国家的前面。另外，一些国家协会和组织在制定智能电网技术标准方面也提出了很多有益的建议。

国际电工委员会（IEC，International Electro technical Commission）的标准化管理委员会（SMB，Standardization Management Board）组织成立了第三战略工作组——智能电网国际战略工作组，明确了智能电网战略工作组的职责范围，主要任务是在对智能电网的标准进行系统分析的基础上，研究并提出标准修订和新标准制定的建议，包括应优先建立的、满足设备和系统互操作的规约和模型的标准化建议。

美国标准与技术研究院（NIST）提出将分三个阶段建立智能电网标准。在 2009 年 9 月，美国商务部长骆家辉在 GridWeek 大会上宣布了 NIST 在第一阶段的最新进展报告，选取了近 80 项现有标准，用于指导和支撑当前智能电网发展，明确了 14 个需要优先研究和解决的方面，并特别分析了信息安全方面的标准。美国 GE 公司发起了电动汽车插头标准制定工作，并得到业内其他公司的积极响应和支持。其设计的标准插头有 5 个触头，可以支持最高 240 伏电压和 70 安培电流，还能够支持电力载波通信。

日本东京电力公司、富士集团以及三菱公司联合制定了电动汽车接入电网标准，为电动汽车接入电网打下了良好基础。

中国国家电网在建立智能电网标准方面已经取得了一些成绩，已向国际电工委员会提出了 15 项关于智能电网标准体系框架的修改建议，受到国际电工委员会智能电网战略组的高度重视。在技术标准制定方面，《风电场接入电网技术规定》、《配电自动化技术导则》、《智能变电站技术导则》、《智能电能表功能规范》（含 12 项）、《用电信息采集系统技术标准》（含 24 项）等 150 余项标准制定并发布。2010 年底前会完成试点项目急需的 41 项关键技术标准制定工作。此外，国家电网公司还积极参与 IEEE、IEC 等国际智能电网标准制定工作。

(3) 建议

发展智能电网应尽快上升为国家战略

对于智能电网在中国的发展，国家应尽快成立由有关部委牵头，电网企业、发电企业、制造企业、科研机构、高等院校等多方参与的智能电网建设领导协调小组，组织编制智能电网发展的战略和规划、智能电网标准体系，明确我国智能电网发展方向，规范智能电网发展。同时，对于符合这个发展方向的产业，建议国家出台政策，鼓励企业增加研发投入、自主掌握核心技术，鼓励电网企业、发电企业、用户等优先使用这些装备、技术和产品，真正使全社会联动起来。此外，由于智能电网建设超过一般常规项目

的投资，建议国家尽快出台智能电网建设项目立项审查的有关政策，从经济、技术角度合理评估建设项目的可行性和投资规模³⁰。

统一的技术标准非常重要，中国、美国和欧洲发展智能电网的驱动力虽然不一样，但需要的技术是一致的，但只有有了标准，不同国家的制造商才能将技术用于产品销往全世界，海尔、LG、西门子、通用电气等公司都希望建立一个统一的标准，这样才能建立起互通的国际市场。

坚持以国情为出发点，有计划有重点的实施

我们需要加大对新能源快速灵活接入电网试点工作的扶持力度。目前由于种种技术、经济问题尚未有效解决，新能源产业未能大规模发展，也没有完全形成促进新能源健康发展的配套政策、法规体系。发展新能源是智能电网建设的重要内容，应尽快推出有关鼓励性政策，使电网、发电企业和其他各方能更积极有效地合作开展新能源快速灵活接入电网试点。

智能电网涉及的主要产业包括新能源发电并网、复合材料、电线电缆、变配电、计量检测、电力系统自动化、储能、电动汽车接入、通信、信息。随着智能电网建设从规划步入实际建设，与智能电网相关的设备商将获得可观的市场增量，如国电南瑞、思源电气、许继电气和荣信股份等，国家需加大力度扶持这些企业的发展。

出台有利于智能电网发展的基础性配套政策，如电价政策

为实现发电资源优化配置、推动新能源建设，需要配套的定价机制来合理确定水电和可再生能源、分布式能源的上网电价。智能电网的一项重要特征是电网与发电企业、用户的互动，以促进发电、用电的合理安排、达到节能经济运行的目的，而互动的关键动力是分时电价，因此需要更加灵活的分时电价配套政策支持。

中国发展智能电网的展望

智能电网的发展不仅仅是一个技术问题，其涉及电力系统的整体变革，涉及巨额投资，涉及国家的能源战略、技术标准、电力市场和电价政策、电力监管、多行业协同等诸多问题。

我国智能电网产业还处在刚刚起步阶段，在产业发展初期，需要通过系统、配套的政策引导扶持，特别是在相关重大科技项目投入、项目核准、标准制定、电价机制及财政税收等方面，给予必要的政策支持和激励导向，来促进整个产业发展。美国政府投巨资用于智能电网研发的做法值得借鉴。同时，国家也须对智能电网的投资进行监管。发展智能电网必须注重经济性。全面建设智能电网需要巨额资金投入。智能电网发展必须考虑国民经济的承受能力，考虑老百姓的经济承受能力。我国的大量制造业企业利润水平较低，对能源、电力价格是极其敏感的，因此，对发展智能电网，要进行成本收益分析，应加强投资约束与监管。

完善发展智能电网相关标准体系并出台配套政策，科学规划和引导智能电网的发展。建立统一的规则 and 标准体系是我国智能电网建设的关键环节，也是智能电网能够正常运行的基本保证。对于标准制订的争夺主要存在于两个方面，一是接入的问题，二是设备标准的问题。电网公司作为标准制订参与主体，发布的标准还只是企业层面的，如果要上升为国家标准，还需要更多参与方一起进行完善。电网公司目前自己往设备领域发展，的确引发了一些关于标准制订利益冲突的担忧。建议通过组织各方面的研究力量集中科研攻关，把电力工业的标准、通信标准集成到电力系统的架构中，形成完整的基于电网智能化的规范和标准体系。最终目标是实现从发电到用电各个环节中相关信息的集成与共享。

依靠科技进步和科技创新，促进智能电网技术的发展。科学技术和科技创新在转变发展方式、调整经济结构和推进绿色发展方面发挥着不可替代的关键作用，是推动智能电网发展的基石，要依靠科技进步和创新研发出具有独立知识产权的智能电网技术，着力解决智能设备、通信系统、数据管理和软件应用、网络安全和保护数据、信息等方面的技术。在强化对国外智能电网政策和应用的调研基础上，推进国际合作，充分利用国际资源为我所用。智能电网的发展，各国的发展重点和路线图可能有些不同，但需要的那些技术都是相同的。政府积极推动相关的国际合作，对发展中国的智能电网是非常重要的，可以起到事半功倍的效果。

提高用户对智能电网的认识，适应改变和高投入带来的价值。加强政策宣传和推广试点，使智能电网的概念深入人心。只有将清晰和稳定的消费者互动与监管体系积极地结合起来，才能为电力和公用事业、信息技术、通信以及其他行业建立一个有利的商业模式，才能更加快速地推动智能电网试点项目，为未来智能电网建设的推广奠定基础。

参考文献：

- 1 张斌，‘2020 年我国能源电力消费及碳排放强度情景分析’，能源与环境，2009，第 31 卷，第 3 期。
- 2 中国电力年鉴 2009，中国电力出版社，北京，2010 年。
- 3 人民日报，北京，2010 年 12 月 22 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<http://www.360doc.com/content/10/1222/12/1147381_80337813.shtml>。
- 4 戴喆民，新浪网，北京，2010 年 10 月 8 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://finance.sina.com.cn/chanjing/b/20101008/14478747325.shtml>>
- 5 吕伟业，中国能源网，北京，2009 年 11 月 24 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.china5e.com/special/show.php?specialid=161>>
- 6 吴鹏，蒋莉萍，‘智能电网综合效益评价’，中国电力企业管理，北京，2009，第 7 期。
- 7 吴鹏，蒋莉萍，‘智能电网综合效益评价’，中国电力企业管理，北京，2009，第 7 期。
- 8 国家电网，国家电网智能化规划总报告，国家电网，北京，2010。
- 9 中国新能源与可再生能源网，北京，2008 年 1 月 30 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.crein.org.cn/view/viewnews.aspx?id=20080130165749765>>
- 10 中国新能源与可再生能源网，北京，2010 年 11 月 4 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.crein.org.cn/view/viewnews.aspx?id=20101104171442312>>
- 11 人民网，北京，2010 年 12 月 16 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://dt.people.com.cn/GB/13498059.html>>
- 12 中国风力发电网，北京，2010 年 1 月 10 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.fenglifadian.com/news/3657CKBEH.html>>
- 13 中国新能源与可再生能源网，北京，2010 年 11 月 4 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.crein.org.cn/view/viewnews.aspx?id=20101104171442312>>
- 14 余贻鑫，栾文鹏，‘智能电网’，电网与清洁能源，西安，2009，第 25 卷，第 1 期，P. 7-11。
- 15 全球节能环保网，上海，2010 年 8 月 6 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<http://www.gesep.com/News/Show_8_248652.html>
- 16 索比太阳能网，北京，2010 年 12 月 14 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.solarbe.com/news/content/2010/12/15068.html>>
- 17 每日经济新闻网，上海，2010 年 11 月 30 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.nbd.com.cn/newshtml/20101130/20101130084916161.html>>
- 18 中国新能源网，广州，2010 年 1 月 13 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.newenergy.org.cn/html/0101/1131031167.html>>
- 19 人脉库网，北京，2009 年 12 月 17 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://news.renmaiku.com/p/financeInfo.html?financeId=77723>>
- 20 中国投资咨询网，深圳，2010 年 12 月 15 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.ocn.com.cn/info/201012/guangfufadian151605.htm>>
- 21 全球节能环保网，上海，2010 年 8 月 6 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<http://www.gesep.com/News/Show_8_248652.html>
- 22 中国新能源与可再生能源网，北京，2010 年 11 月 17 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.crein.org.cn/view/viewnews.aspx?id=20101117113239882>>
- 23 国家发改委等，关于印发《电力需求侧管理办法》的通知，国家发改委网站，北京，2010 年 11 月 4 日，浏览
于 2010 年 12 月 30 日，<http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/2010tz/t20101116_380549.htm>
- 24 智能电网网，2010 年 12 月 2 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，<http://www.zndw2.com/zhengcefagui/2010-12-02/244_3.html>
- 25 韩莹，东方财富网，上海，2010 年 7 月 1 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://finance.eastmoney.com/news/1355,2010070181171987.html>>
- 26 新能源汽车聚焦网，上海，2010 年 8 月 26 日，<<http://www.nevfocus.com/news/20100826/991.html>>
- 27 能源观察网，北京，2010 年 10 月 15 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.chinaero.com.cn/yjgc/ddqcycn/10/65018.shtml>>
- 28 国际新能源网，北京，2010 年 5 月 19 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，<<http://www.in-en.com/newenergy/html/newenergy-1124112412652357.html>>
- 29 新能源汽车聚焦网，上海，2010 年 10 月 13 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<<http://www.nevfocus.com/news/20101013/1398.html>>
- 30 中国电力教育网，北京，2009 年 10 月 15 日，浏览于 2010 年 12 月 30 日，
<http://gjs.ncepu.edu.cn/Html/Resource/ResourceDetail_105340.html>

《政策简报》2011年第3期（总第3期）

主编：吴昌华 刘颖

本期执行主编：气候组织电力行业项目组

关于《政策简报》

气候组织主办的《政策简报》系列研究报告，追踪了中国在清洁发展过程中的最新进展。简报内容来自气候组织相关项目的研究成果，涉及政策、产业和城市等多个方面。我们希望《政策简报》可以为读者提供全新的视角、可靠的信息和系统化的分析；也希望这些对关键问题的思考、对最佳实践分享以及对国际经验的剖析，能够为政府和企业提供决策参考。

关于气候组织

气候组织是一家独立的国际非赢利机构，成立于 2004 年 4 月，由时任英国首相布莱尔先生和来自北美、欧洲和澳大利亚的 20 位商业精英和政府领袖在英国伦敦共同发起，致力于推动工商企业和政府部门发挥领导作用应对气候变化。气候组织目前有超过 40 家的跨国企业会员和近 20 家的区域及城市政府成员，在全球设立了十多处分支机构。气候组织中国办公室成立于 2007 年底，目前已拥有 7 家中国企业会员，致力于在各个领域开拓与实施低碳解决方案。

地址：北京朝阳区西坝河南路 1 号金泰大厦 1501，200028

电话：+86 (10) 6440 3639 传真：+86 (10) 6440 3749

网址：WWW.THECLIMATEGROUP.ORG.CN

如需更多信息，请联系：刘颖 气候组织高级分析员 yliu@theclimategroup.org