



能源与电力分析年度报告系列

2014

国内外智能电网发展 分析报告

国网能源研究院 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



能源与电力分析年度报告系列

2014 国内外智能电网发展 分析报告

国网能源研究院 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《国内外智能电网发展分析报告》是能源与电力分析年度报告系列之一，系统介绍了国内外智能电网 2013 年度发展情况，并进行展望和分析，为我国智能电网战略规划和部署实施提供决策参考。

本报告第 1 章回顾了美国、欧洲、日本等主要发达国家和地区 2013 年智能电网规划、技术与实践进展，以及 2013 年智能电网领域跨国协作与行业联合的成果；第 2 章从战略规划部署、政策法规颁布、技术标准制定、关键技术研发、试点与示范工程建设等方面展示了 2013 年中国智能电网取得的主要成就；第 3 章对智能电表应用和发展及微电网两个领域做了专题研究；第 4 章对国内外智能电网发展趋势进行了展望。

本报告可供我国能源及电力工业相关政府部门、企业及研究单位参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

国内外智能电网发展分析报告. 2014/国网能源研究院编著. —北京: 中国电力出版社, 2014. 10

(能源与电力分析年度报告系列)

ISBN 978-7-5123-6705-0

I. ①国… II. ①国… III. ①智能控制—电网—研究报告
—世界—2014 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 249310 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 10 月第一版 2014 年 10 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 16 开本 9.125 印张 109 千字

印数 0001—2500 册 定价 50.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

能源与电力分析年度报告

编 委 会

主 任 张运洲

委 员 牛忠宝 蒋莉萍 李 英 张 玮 魏 玢 胡兆光
周小谦 冉 莹 王信茂 白建华 周原冰 王耀华
马 莉 单葆国 张义斌 李琼慧 郑厚清 张 勇

《国内外智能电网发展分析报告》

编 写 组

组 长 黄 瀚

成 员 李立理 杨 方 李 博 张 钧 谢光龙 王 阳
胡 波 何 博 刘 林 冯庆东 白翠粉 杨 倩
靳晓凌 苏鑫炜 刘江鹏 李若晨

前 言

国网能源研究院多年来紧密跟踪国际、国内智能电网政策、规划、标准、技术及示范工程的最新进展,开展广泛调研和对比分析研究,形成年度系列分析报告,为政府部门、电力企业和社会各界提供了有价值的决策参考和信息。

智能电网(Smart Grid)通过将现代信息和通信技术深度集成应用于电网业务所涉及的各个环节,进而实现电网的高度信息化、自动化和互动化。智能电网作为当今国际电网的发展趋势,在应对气候变化、保障能源安全、带动国家产业升级中具有重大战略意义。

世界主要发达国家积极研究制定与各自国情相适应的智能电网发展战略目标、发展路线,通过政策激励、标准制定等措施,不断加快智能电网相关产业发展,推动本国智能电网发展。

我国政府高度重视智能电网建设,2010—2012年政府工作报告中均要求加强智能电网建设,并将智能电网列入国家“十二五”发展规划纲要。以国家电网公司和南方电网公司为代表的电网企业积极贯彻落实国家能源发展战略,发挥自身专业优势,成为我国智能电网发展建设的主要引领者和推动力量。目前,我国智能电网发展呈现出发展步伐快、建设力度大的特点,总体已经达到世界领先水平。及时总结经验、寻找差距和不足、深入分析国内外智能电网发展的趋势,有助于更高效、经济地发展我国的智能

电网事业。

本报告是能源与电力分析年度报告之一，共分4章。第1章介绍美国、欧洲、日本等主要发达国家和地区2013年智能电网部署与建设工作的进展，以及2013年智能电网领域跨国协作与行业联合的主要成果；第2章从战略规划部署、政策法规颁布、技术标准制定、关键技术研发、试点与示范工程建设等方面回顾了2013年中国智能电网发展情况；第3章对智能电表应用和发展，以及微电网两个领域做了专题研究；第4章对国内外智能电网发展趋势进行了展望。

本报告概述由李立理、李博主笔；国外智能电网发展情况由张钧、谢光龙、胡波、何博主笔，张钧、谢光龙统稿；中国智能电网发展进展由李博、何博、杨倩、白翠粉主笔，李立理、杨方统稿；专题研究由张钧、谢光龙主笔，李博统稿；国内外智能电网发展展望由王阳、刘林主笔，王阳统稿；全书由黄瀚统稿、校核。

在本报告的编写过程中，得到了南方电网公司科学研究院等单位，国家电网公司科技部（智能电网部）、营销部、发展策划部等部门的大力支持，在此表示衷心感谢！

限于作者水平，虽然对书稿进行了反复研究推敲，但难免仍会存在疏漏与不足之处，恳请读者谅解并批评指正！

编 著 者

2014年9月

目 录

前言

概述 1

1 国外智能电网发展情况 3

1.1 美国 3

1.1.1 研究与建设阶段性总结 4

1.1.2 政策措施颁布情况 6

1.1.3 关键技术与重点标准进展 10

1.1.4 投资建设重点进展 18

1.1.5 美国典型智能电网示范工程 20

1.2 欧洲 24

1.2.1 研究与建设阶段性总结 25

1.2.2 战略规划调整情况 28

1.2.3 关键技术与重要标准进展 34

1.2.4 欧洲典型智能电网示范工程 36

1.3 日本 40

1.3.1 战略与规划调整情况 41

1.3.2 政策措施颁布情况 42

1.3.3 关键技术进展 43

1.3.4 投资建设进展 45

1.3.5 日本典型智能电网示范工程 47

1.4 国际组织的合作研究与标准颁布	52
--------------------------	----

2 中国智能电网发展进展

2.1 战略规划部署	57
2.1.1 智能电网产业规划	57
2.1.2 相关产业规划	61
2.2 政策法规颁布	64
2.3 技术标准制定	67
2.3.1 国家标准和行业标准	67
2.3.2 电网企业标准	68
2.3.3 智能电网标准国际化工作	69
2.4 关键技术研发	71
2.4.1 关键技术框架	71
2.4.2 中国在智能电网关键技术和装备领域 的进展	72
2.5 试点与示范工程建设	78
2.5.1 建设历程和概况	78
2.5.2 试点项目和示范项目	79
2.5.3 智能电网综合示范工程	83
2.5.4 部分已投运智能电网工程的效果	88

3 专题研究

3.1 智能电表	93
3.2 微电网	108

4 国内外智能电网发展展望

参考文献	136
------------	-----

概 述

21 世纪以来，世界经济形势和能源发展格局发生深刻变化，世界能源开发利用规模不断增大，新能源持续快速发展，能源结构多元化趋势明显，节能环保、清洁能源、低碳经济、可持续发展成为当今世界关注的焦点，构建清洁、低碳、可持续的能源体系成为新一轮能源变革的显著特征。传统输电网络正在向综合配置能源、产业、信息等各类资源，带动智能家居、智能交通、智能社区、智慧城市发展的智能化电网转变。

智能电网具有巨大的经济价值、社会价值、环保价值，是实现能源可持续发展的战略选择，为经济社会发展提供更安全、更高效、更清洁的电力保障。世界主要发达国家纷纷把发展智能电网作为抢占未来经济制高点的一项重要战略措施，并由此掀起了一场全球范围的智能电网建设热潮，取得了许多突破和重要进展。

2013 年，国内外智能电网在经过了近几年的高速建设期后，步入常态化发展阶段。各国逐步完善并延续既定战略与规划，积极推进相关法规及标准的制定和执行工作，在重点技术领域向纵深化发展，并纷纷评估总结阶段性成果。同时，智能用电成为近中期各国研发与实践的焦点，电力用户从被动式用电逐步过渡到主动参与地位，智能电网整合各利益相关方的平台效能越来越得到重视。

从世界各国智能电网建设运营的成功案例来看，有力、高效的政策是实现效益目标的保证和基础。政策制定者需要全面考虑新能源运

营商、公用事业、新技术公司、科研咨询机构及用户等多方利益，通过制定合理的规则和刺激政策，综合协调，充分挖掘系统运行灵活性，才能保证智能电网的健康、可持续发展。

展望近中期未来，随着市场在经济社会中发挥决定性的作用，电网将成为优化配置能源资源的绿色平台、满足用户多元化需求的服务平台，市场领域不断拓展，竞争主体不断增加，业务内容不断丰富。智能电网将在新一轮能源变革中发挥更加重要的作用。

国外智能电网发展情况

美国、欧盟、日本等发达国家和地区的智能电网建设具有代表性和先进性。本章在对其分别进行阶段性总结的基础上,从政策措施、关键技术与重点标准、投资建设和示范工程等方面介绍上述国家和地区 2013 年智能电网的相关工作情况,并从国家间技术与标准协同工作方面总结 2013 年智能电网领域行业协作的新成果。

1.1 美国

美国多次发生的大停电事故,给美国造成了巨大的经济损失和社会影响。投资改造陈旧的电网基础设施、提升电网安全水平成为电力领域可持续发展的迫切要求。同时,为了应对气候变化和传统化石能源日益短缺等问题,开发利用可再生能源得到了美国联邦及各州政府的高度重视。然而可再生能源发电及并网对电力系统的灵活性、实时控制管理和电网发展模式提出了更高的要求。

在上述背景下,从 2007 年开始美国政府陆续颁布了《能源独立与安全法案》(EISA 2007)、《复苏与再投资法案》(ARRA 2009)和白宫政策报告等一系列智能电网政策法规、经济刺激计划,将智能电网作为实现能源战略变革、保障能源安全、振兴国家经济的发展战略。美国能源部等对本国智能电网发展有重要全局指导和推动作用,其通过智能电网投资项目(Smart Grid Investment Grant Program, SGIG)和智能电网示范项目(Smart Grid Demonstration Program,

SGDP) 重点扶持由其审批通过的关键智能电网项目, 并取得了一定的阶段性成果。

美国 2013 年的电源建设紧密围绕国家能源政策调整, 注重风能、太阳能、生物质能等多种可再生能源的开发利用; 电网侧加速改造陈旧的基础设施, 并为逐步打破区域间电力规划壁垒创造政策条件。与此同时, 美国成熟的电力市场运营模式为智能电网形成分布式能源与微网、智能建筑、需求响应等多个领域众多利益相关方参加的综合能源配置平台, 逐步发挥综合效益创造了坚实的基础, 并持续为以经济性最优为导向的多元化市场环境提供政策和投资指引。

1.1.1 研究与建设阶段性总结

2013 年, 美国能源部、国家科学和技术委员会等多个国家级机构纷纷发布智能电网评估报告, 开展阶段性成果总结, 涉及工作进度、全面效益分析等多个方面, 并在此基础上明确了存在的问题和下一步需重点发展的方向, 为智能电网未来发展提供借鉴。

2013 年 2 月, 美国白宫国家科学和技术委员会 (National Science and Technology Committee, NSTC) 发布了《21 世纪电网政策体系: 工作进展报告》(A Policy Framework for the 21st Century Grid: A Progress Report), 对美国政府在推动智能电网建设方面采取的措施和取得的成效进行了总结, 取得的成效包括:

(1) 推动了新技术在电网中的应用。在国家复苏与再投资专项基金资助下, 已有 5000 条自动化配电线路、几百个先进的传感设备应用到美国电网中, 通过故障诊断、定位和快速恢复, 提高了电力系统的运行效率和对商业用户、居民用户的供电可靠性。

(2) 加快了农网的现代化步伐。美国农业部发放贷款 2.5 亿美元, 用于提高美国农网的现代化水平, 带动农业地区的经济发展。

(3) 为现代化电网的建设和运行培养了人力资源。美国已投入

4600 万美元（总投资计划为 1 亿美元）用于资助 50 个培训项目，为智能电网的建设和运行培养人才，并特别关注对退伍军人的培训，帮助他们借助智能电网发展机遇寻找到较好的工作岗位。

（4）降低了用户用电开支。美国 2012 年 1 月开始实施的“绿色按钮计划”，为 1600 万家庭和商业场所安装了电能使用监控系统，帮助用户优化用电，节省用电支出；2013 年新增 2000 万用户。

（5）保护了电网免受网络安全、物理设施等方面的攻击和破坏。由政府组织研发了“电力部门网络安全能力完备性分析软件”，研制了“自恢复变压器”，用于评估电力设备的信息安全水平和缩短超高压变压器故障后的恢复时间。

2013 年 4 月，美国能源部发布报告《复苏法案智能电网投资的经济效益》（Economic Impact of Recovery Act Investments in the Smart Grid）。报告对 2009 年美国《复苏与再投资法案》资助下实施智能电网建设项目（SGIG）和智能电网示范项目（SGDP）所带来的经济效益进行了分析。

2009 年 8 月—2012 年 3 月期间，在该法案基金和相关配套资金的支持下，美国政府对智能电网建设项目投入了约 30 亿美元资金，所获得的经济效益在 68 亿美元以上，同时增加了近 47 000 个工作岗位，其中 12 000 个岗位直接来自智能电网技术领域的生产厂家、IT 行业和其他技术服务部门，其他岗位则来自这些部门所连带的工业及经济领域。智能电网投资带来的投资回报率高于美国平均投资回报率，表 1-1 列出了智能电网的效益评估结果。

表 1-1 智能电网的效益评估结果

项 目	数 值
增加就业岗位（个）	47 000

续表

项 目	数 值
增加劳动收入（亿美元）	28.6
GDP 增长（亿美元）	41.8
产出（亿美元）	68.3
增加州税收（亿美元）	3.6
增加联邦税收（亿美元）	6.6

2013 年 10 月，美国能源部发布了《美国 2009 复苏与再投资法案（ARRA）—智能电网投资项目的第二期进度报告》。报告总结了美国智能电网建设项目（SGIG）自 2009 年以来资助的各项工程和研究项目在 2012 年 7 月第一期进度报告之后的最新进展。

在总体进度（见图 1-1）上，大部分项目的硬件设施安装进展迅速，在 2013 年底可完成全部设备安装。2015 年前，SGIG 将持续进行数据分析和申报受理工作。

SGIG 项目的类型分布如图 1-2 所示，由图 1-2 可以看出高级测量体系（AMI）仍是 SGIG 的投资重点。随着该类型项目建设接近尾声，与之相关的用户系统相对落后的问题凸显，许多项目都面临因信息通信和系统集成问题无法使智能电表与用户系统高效互动的困境。另外，输电和配电系统投资较上年有所提高。

除上述领域之外，信息安全也成为 SGIG 关注的重点。

通过对 SGIG 资助项目的跟踪，美国能源部得以定位各项目中信息安全的薄弱环节，并指导各项目加强信息安全部署。

1.1.2 政策措施颁布情况

（一）总体概况

2007 年，美国国会通过的《能源独立与安全法案》中“智能电网”一章对美国智能电网的战略推进框架进行了系统设计与描述，明

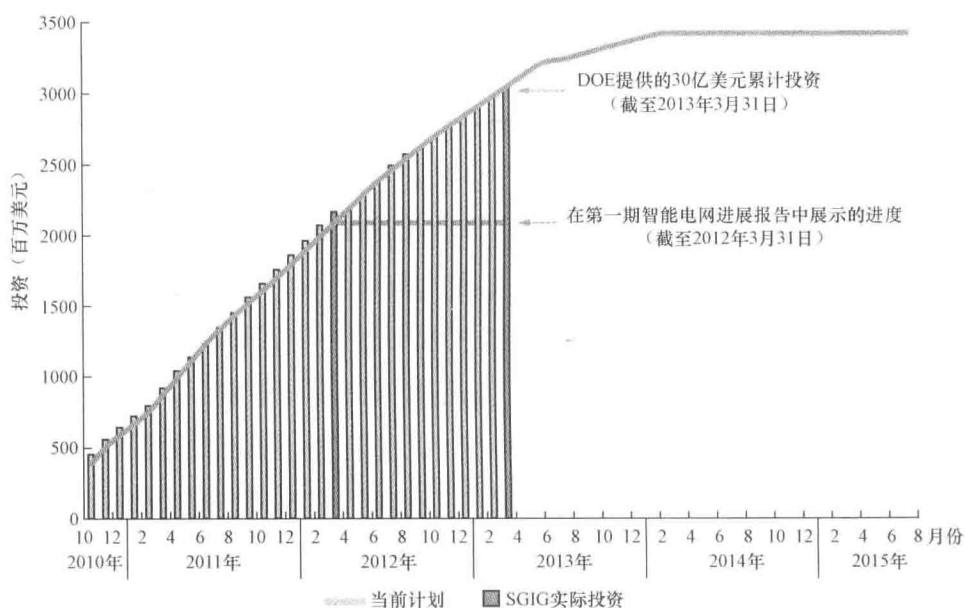


图 1-1 DOE 对 SGIG 项目的实际投资与计划投资
(截至 2013 年 3 月 31 日)

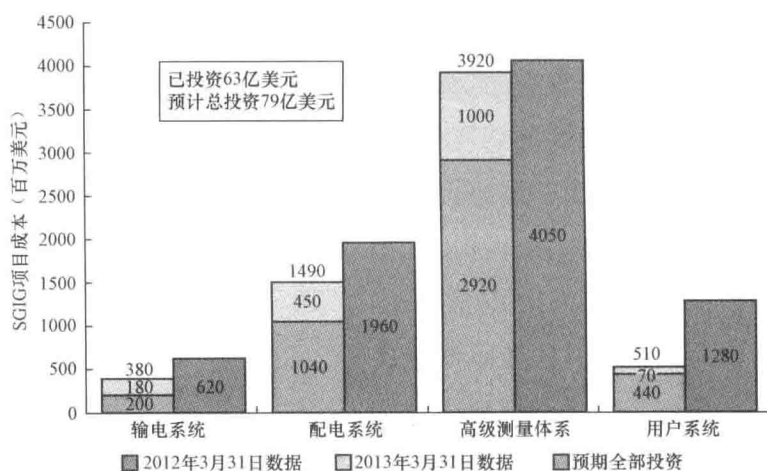


图 1-2 SGIG 项目的分类别投资情况 (2013 年 3 月)

确了多项重点发展任务和具体承担部门。2009年,在全球金融危机的大背景下,奥巴马政府通过了《恢复与再投资法案》,对《能源独立与安全法案》中与智能电网相关的内容进行了修订,形成了“覆盖面广、重点突出”的政策扶持体系。

(二) 2013年美国在智能电网政策措施方面的进展

(1) 加强清洁能源投资建设支持力度。

2013年2月,美国总统奥巴马发表了连任之后的首次国情咨文,特别提及将在教育与清洁能源领域新增投资500亿美元。2013年4月,奥巴马提出了高达284亿美元的2014年清洁能源投资预算建议。美国能源部据此开展部署,于2013年颁布了一系列推动美国新能源发电研究与应用的政策和措施。

1) 多种政策推动海洋能发电。

美国可开发的海洋能主要集中在西海岸(特别是俄勒冈州和加州海域)和阿拉斯加海域,与沿海城市负荷中心相吻合。据美国电科院估计,美国每年海洋能可产生电量26100亿kW·h,其中上述两个海域发电能力约占80%。

近年来,海洋能发电技术得到了美国政府、能源行业、大学和军事机构的重视。美国能源部水电计划(DOE's Water Power Program)已投入了8700万美元资助大学开展海洋能发电前期研究,美国海军也持续进行海洋能应用研究。目前美国正在研发的海洋能项目有80项,还有一些项目仍处在规划阶段。

2013年5月,美国能源部宣布投资1300万美元资助海洋和流体能源系统研究。计划选择10个项目给予资助,重在研究其海洋能发电系统的控制系统设计和相关设备研制。

2013年8月,美国能源部宣布投资1600万美元资助17个项目开发波浪能、潮汐能和洋流能的可持续、高效应用。通过这17个项

目,提高海洋能发电量,以及波浪、潮汐能装置的可靠性,并收集有关部署设备与周边环境互动情况的数据。

受资助的 17 个项目可分为两类:①高效的波浪和潮汐能技术。主要涉及 8 个项目 1350 万美元资金,用以帮助美国企业制造高耐用性、高效率的波浪和潮汐设备,降低成本并最大化能量捕捉能力,具体包括开发新的动力传动系统、发电机、架构组件,以及功率预测和调节软件,预测海洋环境条件,并根据预测结果调整设备配置,优化电力生产。②可持续的能源开发。涉及 9 个项目 240 万美元资金,用于收集和分析波浪能和潮汐能项目的环境数据及具备开发潜能的区域,以确保妥善解决海洋能开发项目可能引发的环境影响。

2) 加大太阳能发电投资建设力度。

作为美国“太阳能计划”的一部分,美国能源部出资 900 万美元资助国内 7 项太阳能数据挖掘项目,推动太阳能相关研究、设备制造、工程实践、政策制定、商业化运营的发展,降低美国太阳能利用的成本,提高太阳能储能电池的效率。

900 万美元资助计划主要分为两部分,其中 700 万美元投入与桑迪亚国家实验室、国家可再生能源实验室、耶鲁大学、得州大学奥斯丁分校的合作项目,利用统计和计算机工具测试全国范围内试点工程中新技术的应用效果和比例,并解决工程所体现的业界共性问题。另外 200 万美元投入由北卡来罗那大学夏洛特分校、麻省理工学院和斯坦福国际研究所主持的 3 个项目,着重分析 10 年来太阳能相关学术论文、专著、专利以及生产和消费数据,勾勒出美国 10 年来太阳能产业技术和商业化运营的全景图。通过全面分析和总结,发掘新方法以加速技术突破,并为进一步降低太阳能应用成本扫清障碍。

3) 支撑分布式电源技术发展。

2013 年 11 月,美国能源部宣布向其下属高级研究计划署能源部