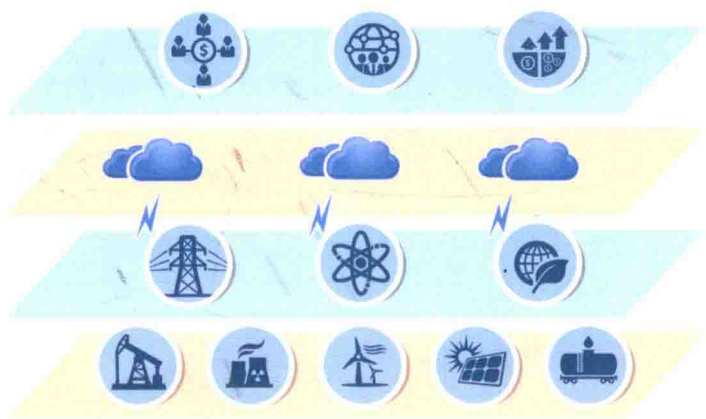


Energy Internet Boosts Energy Transformation and
Institutional Innovation in China

能源互联网助推中国能源 转型与体制创新

《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》编写组

主编 / 高世楫 郭焦锋



中国发展出版社
CHINA DEVELOPMENT PRESS

Energy Internet Boosts Energy Transformation and
Institutional Innovation in China

能源互联网助推中国能源 转型与体制创新

《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》编写组

主编 / 高世楫 郭焦锋



中国发展出版社
CHINA DEVELOPMENT PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

能源互联网助推中国能源转型与体制创新 / 《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》编写组, 高世楫、郭焦锋主编. —北京: 中国发展出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5177-0737-0

I. ①能… II. ①能… III. ①互联网络—应用—能源—发展—研究—中国
IV. ①F426.2-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第185194号

书 名: 能源互联网助推中国能源转型与体制创新

著作责任者: 《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》编写组

出版发行: 中国发展出版社

(北京市西城区百万庄大街16号8层 100037)

标准书号: ISBN 978-7-5177-0737-0

经 销 者: 各地新华书店

印 刷 者: 北京科信印刷有限公司

开 本: 710mm × 1000mm 1/16

印 张: 25

字 数: 326千字

版 次: 2017年8月第1版

印 次: 2017年8月第1次印刷

定 价: 80.00 元

联系电话: (010) 68990630 68990692

购书热线: (010) 68990682 68990686

网络订购: <http://zgfzcbcs.tmall.com/>

网购电话: (010) 88333349 68990639

本社网址: <http://www.develpress.com.cn>

电子邮件: bianjibu16@vip.sohu.com

版权所有·翻印必究

本社图书若有缺页、倒页, 请向发行部调换

合作研究编写单位



国务院发展研究中心资源与环境政策研究所

清华大学能源互联网创新研究院

浙江大学

华北电力大学

国电南京自动化股份有限公司

新奥集团股份有限公司

华源电力有限公司

上海中旻能源科技有限公司

潜能恒信能源技术股份有限公司

《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》

编写组



顾 问 韩英铎 宋永华 孙耀唯 曾 嵘

主 编 高世楫 郭焦锋

副主编 高 峰 丁 一 刘 冰

成 员 刘 敏 应光伟 王 鹏 蔡圣华 林 通
周锦明 钱国明 丁 泉 李明辉 方 勇
张 绚 包铭磊 洪 涛 张文强 陈珊珊
王 婕 白彦锋 武 旭 郭 瑛 孟凡达
陈 宇 葛 岩 周宇昊* 周保中 杨清元

协调人 郭焦锋

前言与致谢

能源是人类生存和发展的基石，是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础，是国民经济的基础产业和战略性资源。能源对现代社会的重要作用毋庸多言。当前，融合信息技术、互联网技术和能源技术的新一轮能源革命正徐徐拉开大幕，可望很快进入彻底改变人类能源生产和使用方式的新纪元。作为这一次能源革命重要支点的能源互联网，最简单的形式是互联网与能源各环节的深度融合，其本质特质是利用信息通信和智能技术将各种能源的生产（加工）、传输、存储、消费以及市场交易深度融合而产生的全新能源产业新形态。能源互联网的发展，将大力助推中国能源转型与体制创新，加快中国能源革命。

2014年6月，中共中央总书记、国家主席习近平在中央财经领导小组第六次会议上部署了中国能源革命与能源发展战略，提出了“四革命一合作”的战略部署，成为指导中国能源转型和体制创新的行动纲领。2015年3月，李克强总理在政府工作报告中提出制定“互联网+”行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合，促进电子商务、工业互联网和能源互联网进入健康发展，引导互联网企业拓展国际市场。当互联网进入“互联网+”的产业化时代，对每个行业来说，是摧毁，是革命，更是颠覆。对能源行业而言，“互联网+”也一定会产生全新的格局和业态，甚至将改变我们的工作和生活方式。因此，无论是从

国能源转型与体制创新的迫切需要还是能源互联网的重要作用来看，当前和今后一个时期的一项重要工作，就是如何将“四革命一合作”战略部署落到实处，发展能源互联网是一个很好的切入点和重要抓手。

2016年2月，国家发展改革委、能源局、工业和信息化部联合发布《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》，提出了能源互联网的路线图，明确了推进能源互联网发展的指导思想、基本原则、重点任务和组织实施。同月，国务院发展研究中心资源与环境政策研究所与清华大学能源互联网创新研究院等单位合作，共同开展《“互联网+”对中国能源业态的影响与能源体制革命研究》项目，来自多家单位组成的课题组成员开展了持续一年多的研究。2017年4月，经课题组全体参与单位集体讨论决定，《“互联网+”对中国能源业态的影响与能源体制革命研究》更名为《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》，并进一步修改完善后编纂成此书。为加深读者对能源互联网、中国能源转型和体制创新的认知，本书分析了“互联网+”与能源革命的理念对中国能源转型的影响及中国能源互联网的缘起与发展，讨论了能源互联网的支撑技术与应用，介绍了国外能源互联网发展经验，探讨了创新能源互联网发展的能源体制，并详细介绍了能源互联网或者其雏形在中国实践的几个案例，论述了能源互联网助推中国能源转型与体制创新的意义、途径和展望。

该项研究工作和本书编纂工作由国务院发展研究中心资源与环境政策研究所所长高世楫和研究员郭焦锋牵头，清华大学能源互联网创新研究院常务副院长高峰、中国华电集团上海分公司党组书记应光伟、上海中旻能源科技有限公司董事长刘冰参与大量的组织和研究工作，课题组全体人员在各自专业领域多年研究积累基础上合作完成了项目的阶段性研究成果。参加本项目研究和本书编纂的课题组成员还有国务院发展研究中心资源与

环境政策研究所洪涛和武旭、浙江大学电气工程学院丁一、华北电力大学中国能源政策研究中心王鹏、清华大学能源互联网创新研究院张绚、中国科学院科技战略咨询研究院蔡圣华、新奥集团股份有限公司刘敏和李明辉、中国华电集团上海分公司方勇、国电南京自动化股份有限公司钱国明和丁泉、华电电力科学研究院周宇昊和周保中、华源电力有限公司林通、潜能恒信能源技术股份有限公司周锦明、上海中旂能源科技有限公司张文强以及中央财经大学财税学院白彦锋、陈宇、葛岩、王婕、孟凡达、郭瑱、陈珊珊、杨清元等。

我们能源互联网研究团队在过去近两年的研究中取得了一些有价值的研究成果，除课题组成员的辛勤努力外，还得益于课题组成员所在单位的支持，得益于许多政府部门、研究机构、高等院校、行业学会、企业、国际机构以及众多专家的大力支持和帮助。为此，我们要诚挚感谢两年来为我们研究团队从事能源互联网研究、为本著作顺利出版提供了各种帮助的所有单位和个人。

首先，感谢国务院发展研究中心副主任王一鸣研究员，他对我们研究团队的工作给予了直接的指导和支持；感谢中国工程院院士、清华大学韩英铎教授，浙江大学常务副校长、英国皇家工程院院士宋永华教授，国家能源局法制和体制改革司巡视员孙耀唯博士，清华大学电机系主任曾嵘教授，他们一直关心研究团队的工作，并提供了悉心的指导。

我们感谢研究团队成员所在的单位，这些单位为各位研究人员从事这项工作提供了大量的帮助，也是能源互联网研究得以持续的前提。我们特别要感谢国家能源局法制和体制改革司、发展规划司为我们团队完成2030年能源体制革命战略研究等课题所提供的支持和帮助。在过去两年中，我们围绕能源互联网发展进行了大量专题和案例研究，在此对为本著作的案

例提供大量基础数据和相关资料的以下单位表示感谢：交通运输部规划研究院，国家信息中心经济预测部，国家发展和改革委员会能源研究所，清华大学电机系，浙江大学电气工程学院，华北电力大学经济与管理学院，中央财经大学财税学院，中国石油大学（北京）地球科学学院，中国汽车工程学会，中国石油集团经济技术研究院，中国石化经济技术研究院，国网能源研究院，中国煤炭工业发展研究中心，水电水利规划设计总院，中国华电集团公司，中国石化集团新星石油有限责任公司，中国长江航运（集团）总公司，上海申能诚毅股权投资有限公司，天津天保控股有限公司，力帆实业（集团）股份有限公司，新奥集团股份有限公司，华源电力有限公司，潜能恒信能源技术股份有限公司，上海中旖能源科技有限公司，南京高传机电自动控制设备有限公司。

在这两年的研究中，研究团队得到过多家机构的支持，特别是在撰写有关政策建议的过程中，我们请教过这些机构的许多政府官员、高校和研究机构专家学者、业界人士以及国际组织专家，恕我们难以在此一一列出这些接受过我们调研和给予过我们指导的众多官员、专家、学者的名字，我们非常感谢他们给予课题组专业化的帮助。我们对其所供职的如下单位表示感谢：国家能源局石油天然气司、电力司、新能源司、能源节约和科技装备司以及华东能源监管局，财政部经济建设司以及中国财政科学研究院，水利部水电局，国务院政策研究室综合司，中国社会科学院工业经济研究所，中国工程院咨询中心，中国国际经济交流中心，重庆市发改委，浙江省发改委和能源局，江苏省发改委和能源局，河北省发改委和能源局，四川省发改委，新疆自治区发改委，新疆生产建设兵团，中国海洋石油总公司能源经济研究院，中国石油和化学工业联合会，中国电力企业联合会，中国石油学会，中国汽车工业协会，中国城市燃气协会，中国石油

勘探与生产分公司，中国石油长庆油田公司，中国石油化工股份有限公司生产经营管理部，中国石化勘探南方分公司，中国石化广东石油分公司，中国石化上海石油分公司，中国石化浙江石油分公司，中国石化股份有限公司天然气分公司，中国广核集团有限公司，神华科学技术研究院有限责任公司，四川省能源投资集团有限责任公司，重庆燃气集团股份有限公司，国际能源署（IEA），BP（中国）投资有限公司以及壳牌（中国）有限公司。

我们还要诚挚地感谢能源基金会（中国）为此项目提供的部分经费支持，对本课题组研究中国能源向低碳和清洁化转型提供的大量帮助。

能源互联网的研究和产业发展都处于最初阶段，从概念的内涵到发展的技术路线和体制机制等方面均存在大量的争议。受制于研究者的学识和研究积累，我们对能源互联网相关问题的研究无疑仅反映出团队在此阶段的认识水平，无论对相关基本理念的深化还是对公共政策的分析，研究内容深度、广度、系统性、完整性都还有巨大的改进空间。我们研究的一些结论和观点，难免有疏漏和不足之处，恳请各位专家学者不吝指教，以促使我们的研究能够不断深入。

《能源互联网助推中国能源转型与体制创新》研究团队

二零一七年七月十八日于北京

第一章 “互联网+”与能源革命对中国能源转型的影响

第一节	“互联网+”与能源互联网的关系	2
一、	“互联网+”与能源互联网的提出	2
二、	能源互联网的概念演进与本质特征	4
三、	全球能源互联网与能源互联网的关系	6
第二节	能源互联网与能源革命的关系	10
一、	能源互联网与能源生产革命	11
二、	能源互联网与能源消费革命	13
三、	能源互联网与能源技术革命	17
四、	能源互联网与能源体制创新	18
第三节	能源互联网对世界及中国能源转型的全面影响	19
一、	能源互联网对世界能源转型的全面影响	19
二、	能源互联网对中国能源生产的影响	21
三、	能源互联网对中国能源消费的影响	23
四、	能源互联网对中国能源技术的影响	25
五、	能源互联网对中国能源体制改革的影响	29
六、	能源互联网的发展愿景	33

第二章 中国能源互联网的缘起与发展

第一节	早期能源系统的互联互通	38
	一、能源子系统的互联历程	38
	二、能源系统互联的驱动力分析	54
第二节	传统能源系统的数字化、信息化	57
	一、数字化、信息化的内涵分析	57
	二、能源子系统的信息技术发展	59
第三节	现代能源系统的智能化	66
	一、智能能源系统与能源革命	66
	二、物联网在智慧能源系统中的应用	69
	三、智能电网	78
第四节	智慧能源系统的“互联网+”	92
	一、“互联网+”智慧能源与里夫金的能源互联网	93
	二、能源互联网的典型认知和概念	94
	三、智能电网与能源互联网	96
	四、能源互联网体系架构	97
	五、能源互联网关键技术	99
第五节	全球能源互联网	104
	一、全球能源互联网的缘起和发展战略	104
	二、全球能源互联网的发展路线图	106
	三、全球能源互联网的战略重点	106
	四、全球能源互联网的前景展望	110

第三章 “互联网+”智慧能源的支撑技术与商业模式

第一节	“互联网+”智慧能源的关键技术体系	114
一、	能源互联网的体系架构	114
二、	能源互联网的三层技术体系	117
三、	能源互联网的五环节支撑技术	120
四、	能源互联网的关键使能技术	127
第二节	“互联网+”智慧能源中的多能融合（协同）能源网络 支撑技术	131
一、	能源互联网中的多能源协调技术	131
二、	分布式能源设备的集成与应用	132
三、	分布式可再生能源与用户的协调互动技术	133
四、	集中式可再生能源的并网优化	134
五、	核能的安全高效利用	136
第三节	“互联网+”智慧能源中的信息通信与能源融合技术	142
一、	信息物理能源系统支撑技术	142
二、	信息物理能源系统融合技术	143
三、	大数据、云计算技术	148
四、	能量信息传输技术	149
五、	物联网技术	150
第四节	“互联网+”智慧能源中的创新运营技术	155
一、	“互联网+”创新运营技术	155
二、	能源大数据技术	158
三、	储能应用的关键性问题	159
四、	能源网络虚拟化技术	160

五、信息双向互动平台技术	160
六、能源互联网金融平台技术	162
七、能源互联网的能量耦合技术	162
第五节 智能电网与其他能源网络、交通网络的互联技术	163
一、智能电网与能源互联网	163
二、智能电网与其他能源网络的互联技术	165
三、电力系统与天然气网络系统的互联	167
四、电力系统与电气交通的系统互联	169

第四章 “互联网+能源”发展的国外经验与借鉴

第一节 国外“互联网+能源”发展情况综述	176
第二节 美国能源互联网发展分析	178
一、美国能源互联网发展条件	178
二、美国在能源互联网领域的探索	182
三、美国能源互联网发展方向	196
第三节 丹麦多能源网发展分析	198
一、丹麦多能源网的发展条件	198
二、丹麦在多能源网领域的探索	203
三、丹麦多能源网发展方向	212
第四节 德国信息化能源网发展分析	213
一、德国信息化能源网的发展条件	213
二、德国信息化能源网发展	218
三、德国信息化能源网发展方向	232

第五节 国外综合能源系统建设及实践经验对我国发展的启示·····	234
一、推进电力市场建设,完善需求侧响应方案·····	234
二、加大清洁能源投入,优化能源消费结构·····	236
三、建设分布式能源网络,构建用户侧智慧能源系统·····	237
四、发展网络信息技术,加强交通、电力与天然气网络之间的 协调互动·····	238

第五章 创新能源互联网发展的能源体制

第一节 能源互联网发展要求能源体制创新·····	248
一、能源产业链层次性的变革·····	249
二、能源产业链独立性的变革·····	250
三、能源体制的六大颠覆性创新·····	251
第二节 适应能源互联网发展要求的能源体制革命总体要求·····	252
一、指导思想·····	252
二、基本原则·····	252
三、战略目标·····	255
第三节 适应能源互联网要求的能源体制革命的主要任务和路线图·····	256
一、2020年中国能源体制革命的主要任务·····	256
二、2020年中国电力、新能源、石油天然气和煤炭体制改革 的主要任务·····	260
三、2025年中国电力及新能源、石油天然气和煤炭体制改革的 主要任务·····	265
第四节 建立和完善能源互联网可持续发展的政策建议·····	268
一、发展规划·····	269
二、产业政策·····	271

三、财税政策	273
四、投融资政策	274
五、绿色能源交易机制	275
六、政府治理机制	276

第六章 案 例

第一节 泛能网：融合、协同、互动的能源互联网创新解决之道.....	282
一、能源问题与泛能网发展模式	282
二、泛能网产业实践	290
三、前景展望及政策建议	298
第二节 国网南自新能源微电网及主动配电网关键技术和示范项目...	300
一、园区微电网发展模式	300
二、项目概况	306
三、项目前景及政策建议	317
第三节 互联网+LNG：中旻能源物联网实践	320
一、“互联网+LNG”新商业模式	320
二、LNG产业互联网的实践	332
三、发展规划	360

第七章 前景展望

第一节 能源互联网发展是新产业革命的核心内容.....	374
第二节 发展能源互联网必须尊重科学规律和经济规律.....	375
第三节 中国可以引领能源互联网发展.....	377



第一章

“互联网+”与能源革命对中国
能源转型的影响