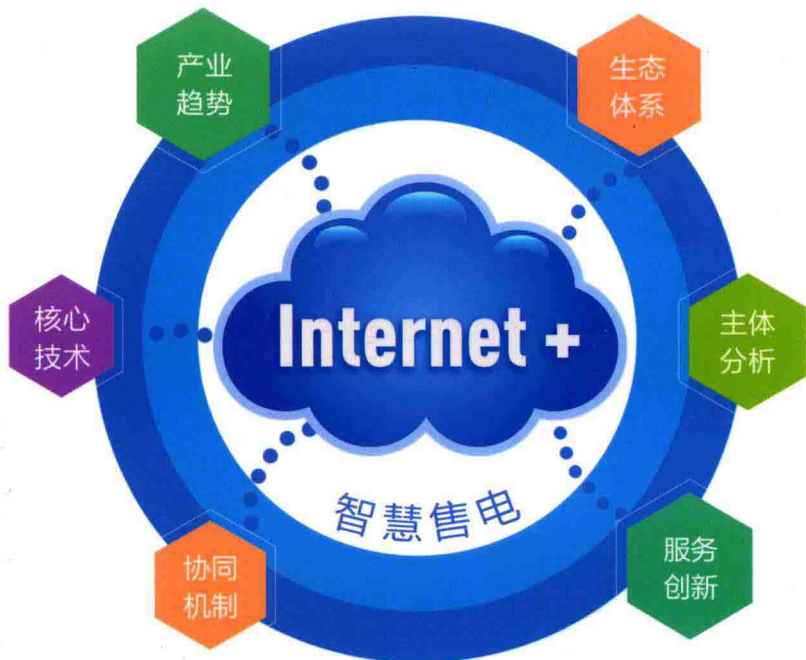


# 互联网+

# 智慧售电

Internet +  
Wisdom Selling Electricity

国网河南省电力公司经济技术研究院 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 互联网+

# 智慧售电

Internet +

Wisdom Selling Electricity

国网河南省电力公司经济技术研究院 编著



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以聚焦互联网对电力消费的业务模式重构和价值创新为出发点,分析了互联网环境下的电力消费生态体系,指出各市场主体的作用变革和相互关系,从“云、网、端”三个维度阐述了“互联网+”智慧售电的基础设施及其构建方案,分别从核心技术、新业态新模式、产业现状趋势、社会需求等角度介绍了互联网与智慧售电的融合创新点,旨在为电力行业各市场主体开展互联网售电服务提供工作参考与创新建议,促进电力行业发展水平进一步提升。

本书面向的读者对象主要涵盖电力行业的管理者、研究者、参与者与关注者,包括从事电力能源生产、输送与消费领域工作的企事业单位职工,相关规划、研究与咨询机构研究人员、高等院校相关专业的教师与学生,售电公司等新兴业态从业者,以及关心、关注电力行业发展的社会各界用户。

### 图书在版编目(CIP)数据

互联网+智慧售电/国网河南省电力公司经济技术研究院编著. —北京:中国电力出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5198-0464-0

I. ①互… II. ①国… III. ①互连网络—应用—电力市场—市场消费—研究—中国  
IV. ①F426.61-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 044920 号

---

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:马 青(010-64312784) 柳 璐

责任校对:朱丽芳

装帧设计:张俊霞 左 铭

责任印制:邹树群

---

印 刷:北京九天众诚印刷有限公司  
版 次:2017 年 5 月第一版  
印 次:2017 年 5 月北京第一次印刷  
开 本:710 毫米×1000 毫米 16 开本  
印 张:12  
字 数:156 千字  
印 数:0001—2500 册  
定 价:65.00 元



---

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

## 本书编委会

主 任 魏胜民

副 主 任 余晓鹏 刘广袤

审 稿 许长清 张海宁

编写组成员 宋晓辉 郑 征 吴军波 王 松

张庆庆 张 平 周 楠 张 龙

张琳娟 卢 丹 邱 超 李 珊

狄 立 于秋玲

## 前言

2016年2月24日，国家发展改革委、国家能源局和工信部联合发布《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》，提出以“互联网+”为手段，以智能化为基础，紧紧围绕构建绿色低碳、安全高效的现代能源体系，促进能源和信息深度融合，推动能源互联网新技术、新模式和新业态发展，推动能源领域供给侧结构性改革，支撑和推进能源革命，为实现我国从能源大国向能源强国转变和经济提质增效升级奠定坚实基础。“互联网+”智慧售电是对电力能源生态体系、商业模式和服务模式的改造，它将对传统电力能源企业价值链进行一个系统的重构，其本质上就是利用高效率来整合低效率，对电力产业链核心要素再分配，并以此来提升整体系统效率。

本书以聚焦互联网对电力消费的业务模式重构和价值创新为出发点，分析了互联网环境下的电力消费生态体系，指出各市场主体的作用变革和相互关系，从“云、网、端”三个维度阐述了“互联网+”智慧售电的基础设施及其构建方案，指出了电力物联网、大数据技术对电力消费新模式的基础支撑作用，并提出了用电模式识别、多能协同优化、精准调度、用户画像、群体分析、信用评价、风险管控、云服务平台等互联网环境下智慧售电技术的实现路径，最后分析和概述了互联网环境下

电力消费变革产生的多种新业态、新模式和新价值。

本书是对能源互联网研究和实施的一项阶段性成果，分别从核心技术、新业态新模式、产业现状趋势、社会需求等角度介绍了互联网与智慧售电的融合创新点，力求做到重点突出、层次分明、语言精练。希望本书能够为电力行业各市场主体开展互联网电力服务提供工作参考，尤其是为售电公司等能源行业新业态企业提供创新建议，帮助相关行业企业对互联网与电力消费的结合点有更清晰的认识，并由此衍生更多创新服务，提升电力行业发展水平。

本书编写过程得到了国网河南省电力公司、河南省科学院、郑州大学、华北电力大学、国电南瑞科技股份有限公司等单位相关专家的大力支持，在此致以诚挚感谢。由于作者水平所限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

## 目 录

### 前言

|          |                           |    |
|----------|---------------------------|----|
| <b>1</b> | 概述 .....                  | 1  |
| 1.1      | 能源互联网 .....               | 1  |
| 1.2      | 能源互联网与电力消费变革 .....        | 6  |
| 1.3      | 电力服务的互联网思维 .....          | 11 |
| 1.4      | 互联网环境下电力服务形态创新 .....      | 15 |
| <b>2</b> | 电力消费模式的现状与趋势 .....        | 19 |
| 2.1      | 智能用电 .....                | 19 |
| 2.2      | 用电服务 .....                | 21 |
| 2.3      | 分布式能源接入 .....             | 23 |
| 2.4      | 多能协同消费 .....              | 26 |
| <b>3</b> | 互联网环境下电力消费生态体系 .....      | 29 |
| 3.1      | 主要特征 .....                | 30 |
| 3.2      | 基于互联网的“源-网-荷-储”生态体系 ..... | 32 |
| 3.3      | 互联网环境下电力消费与需求侧响应 .....    | 35 |
| 3.4      | 能源互联开放平台 .....            | 39 |
| 3.5      | 电力消费设施服务 .....            | 42 |

|          |                              |     |
|----------|------------------------------|-----|
| <b>4</b> | 互联网环境下智慧售电体系基础设施 .....       | 43  |
| 4.1      | 云 .....                      | 44  |
| 4.2      | 网 .....                      | 49  |
| 4.3      | 端 .....                      | 51  |
| <b>5</b> | 互联网环境下智慧售电关键技术 .....         | 52  |
| 5.1      | 智能用电物联网技术 .....              | 52  |
| 5.2      | 电力消费大数据智能分析技术 .....          | 71  |
| 5.3      | 物理信息空间融合安全防护技术 .....         | 83  |
| <b>6</b> | 互联网环境下用电客户行为分析与优化 .....      | 92  |
| 6.1      | 用电行为模式识别 .....               | 92  |
| 6.2      | 基于大数据的用电负荷预测 .....           | 97  |
| 6.3      | 多能协同调度与用电模式优化 .....          | 105 |
| 6.4      | 基于需求响应的精准调度决策方法 .....        | 114 |
| <b>7</b> | 互联网环境下多元主体协同机制与技术形态 .....    | 118 |
| 7.1      | 互联网环境下电力用户行为画像 .....         | 118 |
| 7.2      | 互联网环境下电力用户群体分析 .....         | 128 |
| 7.3      | 互联网环境下购售电用户信用评价与风险管控体系 ..... | 135 |
| 7.4      | 互联网环境下多市场主体电力运营平台技术 .....    | 147 |
| 7.5      | 电力服务物联网云平台 .....             | 153 |
| <b>8</b> | 互联网环境下智慧售电服务创新 .....         | 160 |
| 8.1      | 智慧售电服务云平台 .....              | 160 |
| 8.2      | 互联网环境下的电力消费体验中心建设 .....      | 171 |
| 8.3      | 动态优化精准供电服务 .....             | 173 |
| 8.4      | 建立供电服务质量评价体系 .....           | 175 |
| 8.5      | 互联网环境下供电服务变革与价值创新 .....      | 177 |
|          | 参考文献 .....                   | 182 |



## 概 述

### 1.1 能源互联网

所谓能源互联网是一种互联网与能源生产、传输、存储、消费以及能源市场深度融合的能源产业发展新形态，具有设备智能、多能协同、信息对称、供需分散、系统扁平、交易开放等主要特征。美国著名经济学家杰里米·里夫金认为：“在即将到来的时代，我们将需要创建一个能源互联网，让亿万人能够在自己的家中、办公室里和工厂里生产绿色可再生能源。多余的能源则可以与他人分享，就像我们现在在互联网上分享信息一样”<sup>[1]</sup>。

能源互联网其实是以互联网理念构建的新型信息能源融合“广域网”，它以大电网为“主干网”，以微网为“局域网”，以开放对等的信息能源一体化架构，真正实现能源的双向按需传输和动态平衡使用，因此可以最大限度地适应新能源的接入。微网是能源互联网中的基本组成元素，通过新能源发电、微能源的采集、汇聚与分享以及微网内的储能或用电消纳形成“局域网”。大电网在传输效率等方面仍然具有无法比拟的优势，将来仍然是能源互联网中的“主干网”。虽然电能源仅仅是能源的一种，但电能能在能源传输效率等方面具有无法比拟的优势，未来能源基础设施在传输方面的主体必然还是电网，因此未来能源互联网基本上是互联网式的电网。能源互联网把一个集中式的、单向的电网，转变成和更多消费者互动的电网。

事实上，美国和欧洲早就有能源互联网的研究计划。2008 年美国在北卡州立大学建立了研究中心，希望将电力电子技术和信息技术引入电力系统，在未来配电网层面实现能源互联网理念。他们效仿网络技术的核心路由器，提出了能源路由器的概念，并且进行了原型实现，利用电力电子技术实现对变压器的控制，利用通信技术实现路由器之间对等交互，其“未来电能传输与管理系统”（future renewable electric energy delivery and management system, FREEDM）从技术层面提出了能源互联网的概念，并开展了配电系统能源互联网研究。2012 年，欧盟理事会在“促进欧洲领跑新工业革命”的研讨会上明确提出第三次工业革命将围绕能源互联网而展开。其中，德国联邦政府经济和技术部在 2008 年提出能源互联网计划与“E-Energy”理念，重点是将信息通信技术和能源领域结合起来，建立一个基于信息通信技术，实现能源体系数字化互联的高效能源系统。“E-Energy”计划 2020 年在电网中实现信息网络覆盖，通过互联网信息技术使能源网络中所有元素进行协调工作。2010 年，日本启动“智能能源共同体”计划，开展能源和智能电网等领域的研究；2011 年，日本通过提供异步连接、协调局域网内部以及不同局域网系统研制数字电网路由器，从而统筹管理一定范围区域内的电力，并通过电力路由器调度地区电力。目前，日本数字电网联盟已在肯尼亚未通电地区开展数字电网路由器试验研究。韩国在首尔等城市开展智能能源城市示范，如“智能首尔 2015”等。2014 年，国家电网公司董事长刘振亚在电气与电子工程师学会电力与能源协会 2014 年会上进一步提出构建全球能源互联网的发展思路，并指出能源问题具有全局性和广泛性，只有统筹全球能源资源开发、配置与利用，才能实现能源清洁替代和电能替代，保障全球能源的高效、可持续供应<sup>[2]</sup>。

能源互联网的提出是基于现有的能源基础设施，融合先进的互联网信息技术和可再生能源发电技术，实现多种能源的广域智能优化配置。能源互联网的建立将克服大规模清洁能源在接入、传输和控制等方面的

瓶颈，推动清洁能源的大规模利用与分享，实现多种能源的可持续开发利用。能源互联网是在搭建能源互联开放平台的基础上，以电网为核心基础网络设施，形成一个涉及智能电网、智能气网、智能热网和电气化交通网的复杂多网流系统。

能源互联网的主要特征包括可再生、分布式、互联性、开放性、智能化。①可再生，可再生能源是能源互联网的主要能量供应来源，可再生能源发电具有间歇性、波动性，其大规模接入对电网的稳定性产生冲击，从而促使传统的能源网络转型为能源互联网；②分布式，由于可再生能源的分散特性，为了最大效率地收集和使用可再生能源，需要建立就地收集、存储和使用能源的网络，这些能源网络单个规模小，分布范围广，每个微型能源网络构成能源互联网的一个节点；③互联性，大范围分布式的微型能源网络并不能全部保证自给自足，需要互联起来进行能量交换才能平衡能量的供给与需求，能源互联网关注将分布式发电装置、储能装置和负载组成的微型能源网络互联起来，而传统电网更关注如何将这要素“接进来”；④开放性，能源互联网应该是一个对等、扁平化和能量双向流动的能源共享网络，发电装置、储能装置和负载能够“即插即用”，只要符合互操作标准，这种接入是自主的，从能量交换的角度看没有一个网络节点比其他节点更重要；⑤智能化，能源互联网中能源的产生、传输、转换和使用都应该具备一定的智能。

从图 1-1 所示能源互联网环境下的电力体系架构可以看出，能源互联网对现有技术提出了更高、更多的要求。首先，能源互联网系统体系架构和其中的信息、能源、物理设施融合机制还需要深入研究。能源路由器是能源互联网实现的核心，但能源的路由比信息的要复杂得多，主要体现在存储和控制的难度上。储能相当于能源互联网中的缓存，经济可行的大规模储能仍然是技术难点，效率、充放电次数、成本、容量等问题有待解决。电力电子技术是实现能源互联网控制的主要手段，按照

用户的需要以指定电压和频率控制电力的传输仍然是技术难点，电力电子变压器和传统变压器相比仍然存在效率、容量和可靠性等方面的瓶颈问题。最后是分散协同式的能量管理，传统的能量管理系统需要在能源互联网的基础上实现一个能源信息实时采集、处理、分析与决策的能量管理系统。能源互联网与传统电力系统相比，具有以下 4 个关键技术特征。



图 1-1 能源互联网环境下的电力体系架构

(1) 可再生能源高渗透率。能源互联网中将接入大量各类分布式可再生能源发电系统，在可再生能源高渗透率的环境下，能源互联网的控制管理与传统电网之间存在很大不同，需要研究由此带来的一系列新的科学技术问题。

(2) 非线性随机特性。分布式可再生能源是未来能源互联网的主体，但可再生能源具有很大的不确定性和不可控性，同时考虑实时电价、运行模式变化、用户侧响应、负载变化等因素的随机特性，能源互联网将呈现复杂的随机特性，其控制、优化和调度将面临更大挑战。

(3) 多源大数据特性。能源互联网工作在高度信息化的环境中，随

着分布式电源并网，储能及需求侧响应的实施，包括气象信息、用户用电特征、储能状态等多种来源的海量信息；随着高级量测技术的普及和应用，能源互联网中具有量测功能的智能终端的数量将会大大增加，所产生的数据量也将急剧增大。

（4）多尺度动态特性。能源互联网是一个物质、能量与信息深度耦合的系统，是物理空间、能量空间、信息空间乃至社会空间耦合的多域、多层次关联，包含连续动态行为、离散动态行为和混沌有意识行为的复杂系统。作为社会、信息、物理相互依存的超大规模复合网络，与传统电网相比，能源互联网具有更广阔的开放性和更大的系统复杂性，呈现出复杂的、不同尺度的动态特性。

能源互联网技术本身所面临的瓶颈，需要新理念、新方法和新思路的指导，能源互联网不仅是电网的信息化和智能化，也是互联网理念引导下的能源基础设施变革，可以最终实现信息能源基础设施的一体化。

2016年2月，国家发展和改革委员会（简称国家发展改革委）、国家能源局、工业和信息化部（简称工信部）联合发布《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》（简称《指导意见》），提出了未来十年中国能源互联网发展的路线图。能源互联网是推动中国能源革命的重要战略支撑，对推动能源市场开放和产业升级，形成新的经济增长点具有重要意义。《指导意见》提出了能源互联网未来十年的两个阶段性发展目标：

第一阶段为2016～2018年，着力推进能源互联网试点示范工作，建成一批不同类型、不同规模的试点示范项目；攻克一批重大关键技术与核心装备，能源互联网技术达到国际先进水平；初步建立能源互联网市场机制和市场体系；初步建成能源互联网技术标准体系，形成一批重点技术规范 and 标准；催生一批能源金融、第三方综合能源服务等新兴业态；培育一批有竞争力的新兴市场主体；探索一批可持续、可推广的发展模式；积累一批重要的改革试点经验。

第二阶段为 2019~2025 年，着力推进能源互联网多元化、规模化发展，初步建成能源互联网产业体系，成为经济增长重要驱动力；建成较为完善的能源互联网市场机制和市场体系；形成较为完备的技术及标准体系并推动实现国际化，引领世界能源互联网发展。

## 1.2 能源互联网与电力消费变革

### 1.2.1 “互联网+”智慧能源国家战略

2015 年 7 月 4 日，国务院印发《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，提出到 2018 年，互联网与经济社会各领域的融合发展进一步深化，基于互联网的新业态成为新的经济增长动力，互联网成为提供公共服务的重要手段，网络经济与实体经济协同互动的发展格局基本形成。其中，“互联网+智慧能源”是 11 个具体行动计划之一，提出推进能源生产和消费智能化，建设分布式能源网络，发展基于电网的通信设施和新型业务。2016 年 2 月 24 日，国家发展改革委、国家能源局和工信部联合发布《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》，提出以“互联网+”为手段，以智能化为基础，紧紧围绕构建绿色低碳、安全高效的现代能源体系，促进能源和信息深度融合，推动能源互联网新技术、新模式和新业态发展，推动能源领域供给侧结构性改革，支撑和推进能源革命，为实现中国从能源大国向能源强国转变和经济提质增效升级奠定坚实基础。

“互联网+”智慧能源是一种互联网与能源生产、传输、存储、消费以及能源市场深度融合的能源产业发展新业态，其主要特征是设备智能、多能协同、信息对称、供需分散、系统扁平 and 交易开放。《指导意见》一是明确了能源互联网的定位、指导思想以及建设的主要任务；二是提出通过建设能源互联网推动能源包括电力体制改革，为能

源体制改革和电力体制改革搭建一个基础性平台；三是对集中式能源生产供应和分布式能源生产供应进行了有机结合，通过十项重点任务中的相关内容，对集中式和分布式如何有机协调做了比较完整的描述；四是对于能源互联网如何促进高比例可再生能源的使用以及如何促进整个综合用能效率的提高安排了具体任务，其可支撑高比例可再生能源的生产和使用，同时提高各种用能效率；五是提出了能源互联网发展的十项重点任务，包括推动建设智能化能源生产消费基础设施、加强多能协同综合能源网络建设、推动能源与信息通信基础设施深度融合、营造开放共享的能源互联网生态体系、发展储能和电动汽车应用新模式、发展智慧用能新模式、培育绿色能源灵活交易市场模式、发展能源大数据服务应用、推动能源互联网的关键技术攻关、建设国际领先的能源互联网标准体系。

能源互联网与智能电网的最大区别在于与能源供给侧结构性改革密切相关。能源互联网提出的商业模式使得能源领域的垄断被打破，实现充分有效的竞争，用户将有多种选择，供需互动越来越频繁，促使能源供需达到有效匹配，推动能源供给侧结构性改革。在能源互联网环境下，依托能源互联网平台将会逐渐呈现现有能源电力系统不具备的一系列新业态，如即插即用、双向传输、灵活互动等。能源互联网将会促进市场竞争、供需直接的双向互动，从而提高市场效率和资源优化配置效率。

能源互联网的作用，一是对于横向实现多能互补、纵向实现“源-网-荷-储”协调，达成能源供给侧结构性改革的基本要素；二是能源互联网实际上促使能源领域有了商业模式和相应的市场，通过市场机制来配置能源资源，成为推动市场化改革的技术平台；三是能源互联网的逐步完善，使原来以集中式大规模发电远距离输送逐步演化成集中式与分布式相结合，且分布式发展的规模会越来越大，将使整个系统逐渐产生根本性变化<sup>[3]</sup>。

### 1.2.2 电力体制改革

2014年12月，国务院发布《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（简称《意见》），提出稳步推进售电侧改革，有序向社会资本放开售电业务，多途径培育售电侧市场竞争主体，更多的用户拥有选择权，提升售电服务质量和用户用能水平。主要包括：

（1）有序推进电价改革。建立独立的输配电价，理顺价格形成机制，通过市场竞争确定发、售电价，形成完整的电价传导机制，让电价反映资源稀缺程度和市场供求关系，从根本上还原价格机制在电力市场中的作用；此外，独立的输配电价也将明确电网企业的投资收益，保障电网企业的可持续发展能力，促进输电网和配电网的协调发展；通过市场竞争形成发、售电价，也将驱动市场主体进行理性决策，避免低水平重复建设和无序竞争。

（2）以双边交易市场为突破口，促进多主体、跨区域市场机制建设。《意见》中对于市场化交易机制的设计，重点强调了规范准入条件，构建长期稳定、体现主体意愿的双边交易市场模式，建立辅助服务分担共享机制，建设多主体、跨区域市场机制等方面内容。

（3）明确电网企业的定位，建立相对独立的电力交易机构。以能源革命为背景的新一轮电力改革，是一场打破旧传统、重建价值观、构建新体系的深刻变革，将推动传统电力企业思想观念、经营目标、管理模式乃至技术路线的重大转变。《意见》指出改革电网企业的功能定位，使其适应新的角色转换，充分发挥在能源革命中的作用；同时，建立相对独立的电力交易机构，形成公平规范的市场交易平台，是提高电力市场竞争公平性与效率的重要举措。

（4）推进发用电计划改革，发挥市场机制的作用。政府制定发用电计划是计划经济时代遗留的产物，在改革开放初期，制定发用电计划主要是解决中国面临的大范围电力短缺问题。随着中国电力工业的发展，



当前中国发电装机容量已经基本能够满足各地区用电需求，部分地区甚至出现供大于求的现象。传统发用电计划所坚持的“公平分配”原则，已经无法适应今后发展的需要。一方面，在一定程度上阻碍了高效机组利用和可再生能源发电的消纳；另一方面，也不利于降低工商业用户的用电成本以及提高社会整体的用电效率。《意见》中提出的对传统发用电计划改革指导意见，即有序缩减发用电计划、完善政府公益性调节服务功能以及提升需求侧管理为主的供需平衡保障水平三方面内容，对于促进中国电力市场的构建，提高发电企业和用户市场参与积极性都具有重要的现实意义。

(5) 稳步推进售电侧改革，有序向社会资本放开配售电业务。稳步推进售电侧改革，有序向社会资本放开配售电业务是深化电力体制市场化改革、实现中国电力市场公平有效竞争的必经之路。售电侧改革是本轮电改新方案的最大亮点，有序向社会资本放开配售电业务标志着中国一直以来电力公司独家垄断配售电的体制被彻底打破。与法国、英国等国类似，中国民营资本也将能够投资新增配电网及成立售电公司。《意见》对市场主体的准入与退出机制、相关权责进行了阐述，主要包括：

1) 鼓励社会资本投资配电业务。《意见》中提出，逐步向符合条件的市场主体放开增量配电投资业务，鼓励以混合所有制方式发展配电业务。增量配电投资业务的放开体现了党的十八届三中全会提出的“国有资本、集体资本、非公有资本等交叉持股、相互融合的混合所有制经济，是基本经济制度的重要实现形式，有利于国有资本放大功能、保值增值、提高竞争力，有利于各种所有制资本取长补短、相互促进、共同发展”这一精神。

2) 多途径培育市场主体，并建立市场主体准入和退出机制。《意见》提出，允许符合条件的高新技术产业园区或经济技术开发区组建购电主体直接购电，并鼓励符合条件的社会资本、节能服务公司、发电企业等从事售电业务。同时，根据放开售电侧市场的要求和各地实际情况，科