



“十二五”“十三五”国家重点图书出版规划项目

新能源发电并网技术丛书

*Grid Integration and Operation Management
of Distributed Resources*

董存 许晓慧 周昶 栗峰 等 编著

分布式电源并网 及运行管理



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

“十二五” “十三五” 国家重点图书出版规划项目
新能源发电并网技术丛书

董存 许晓慧 周昶 栗峰 等 编著

分布式电源并网 及运行管理



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书为《新能源发电并网技术丛书》之一,对分布式电源的定义、发展和标准体系、分布式电源原理及其并网接入方式、含分布式电源的配电网电压控制、分布式电源对配电网的影响、分布式电源功率预测与运行分析、分布式电源并网运行管理与市场化交易、分布式电源并网数据采集与监测,以及新形式分布式电源并网应用等进行了较为全面的分析和论述。

本书不仅阐述技术原理,体现学术价值,还力求突出实际应用,体现实用价值。希望能给从事分布式电源研究工作的技术人员提供一定的参考,也可为电力系统领域的工程技术人员提供借鉴参考。

图书在版编目(CIP)数据

分布式电源并网及运行管理 / 董存等编著. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2018. 12
(新能源发电并网技术丛书)
ISBN 978-7-5170-7268-3

I. ①分… II. ①董… III. ①电力系统—储能—研究
IV. ①TM7

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第296281号

书 名	新能源发电并网技术丛书 分布式电源并网及运行管理
作 者	FENBUSHI DIANYUAN BINGWANG JI YUNXING GUANLI 董存 许晓慧 周昶 栗峰 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.25印张 372千字
版 次	2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷
定 价	62.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

丛 书 编 委 会

主 任 丁 杰

副 主 任 朱 凌 志 吴 福 保

委 员 (按姓氏拼音排序)

陈 宁 崔 方 赫 卫 国 秦 筱 迪

陶 以 彬 许 晓 慧 杨 波 叶 季 蕾

张 军 军 周 海 周 邺 飞

本书编委会

主 编 董 存 许晓慧

副主编 周 昶 栗 峰

参编人员 (按姓氏拼音排序)

柴旭峥 陈 其 程 序 丁 杰

丁逸行 郝雨辰 赫卫国 胡 伟

华光辉 黄剑峰 黄 磊 黄沈乾

金 鑫 阚见飞 孔爱良 雷 震

李宝聚 李 晨 梁 硕 梁志峰

刘海璇 陆春良 陆建宇 马金辉

邱腾飞 孙檬檬 孙明一 孙荣富

孙 勇 汪 春 王会超 夏俊荣

徐青山 叶荣波 张 俊 张 晓



随着全球应对气候变化呼声的日益高涨以及能源短缺、能源供应安全形势的日趋严峻，风能、太阳能、生物质能、海洋能等新能源以其清洁、安全、可再生的特点，在各国能源战略中的地位不断提高。其中风能、太阳能相对而言成本较低、技术较成熟、可靠性较高，近年来发展迅猛，并开始能在能源供应中发挥重要作用。我国于2006年颁布了《中华人民共和国可再生能源法》，政府部门通过特许权招标，制定风电、光伏分区上网电价，出台光伏电价补贴机制等一系列措施，逐步建立了支持新能源开发利用的补贴和政策体系。至此，我国风电进入快速发展阶段，连续5年实现增长率超100%，并于2012年6月装机容量超过美国，成为世界第一风电大国。截至2014年年底，全国光伏发电装机容量达到2805万kW，成为仅次于德国的世界光伏装机第二大国。

根据国家规划，我国风电装机容量2020年将达到2亿kW。华北、东北、西北等“三北”地区以及江苏、山东沿海地区的风电主要以大规模集中开发为主，装机规模约占全国风电开发规模的70%，将建成9个千万千瓦级风电基地；中部地区则以分散式开发为主。光伏发电装机容量预计2020年将达到1亿kW。与风电开发不同，我国光伏发电呈现“大规模开发，集中远距离输送”与“分散式开发，就地利用”并举的模式，太阳能资源丰富的西北、华北等地区适宜建设大型地面光伏电站，中东部发达地区则以分布式光伏为主，我国新能源在未来一段时间仍将保持快速发展的态势。

然而，在快速发展的同时，我国新能源也遇到了一系列亟待解决的问题，其中新能源的并网问题已经成为社会各界关注的焦点，如新能源并网接入问题、包含大规模新能源的系统安全稳定问题、新能源的消纳问题以及新能源分布式并网带来的配电网技术和管理问题等。

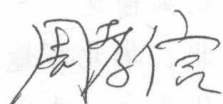
新能源并网技术已经得到了国家、地方、行业、企业以及全社会的广泛关注。自“十一五”以来，国家科技部在新能源并网技术方面设立了多个“973”“863”以及科技支撑计划等重大科技项目，行业中诸多企业也在新能

源并网技术方面开展了大量研究和实践，在新能源并网技术方面取得了丰硕的成果，有力地促进了新能源发电产业的发展。

中国电力科学研究院作为国家电网公司直属科研单位，在新能源并网等方面主持和参与了多项国家“973”“863”以及科技支撑计划和国家电网公司科技项目，开展了大量与生产实践相关的针对性研究，主要涉及新能源并网的建模、仿真、分析、规划等基础理论和方法，新能源并网的实验、检测、评估、验证及装备研制等方面的技术研究和相关标准制定，风电、光伏发电功率预测及资源评估等气象技术研发应用，新能源并网的智能控制和调度运行技术研发应用，分布式电源、微电网以及储能的系统集成及运行控制技术研發应用等。这些研发所形成的科研成果与现场应用，在我国新能源发电产业高速发展中起到了重要的作用。

本次编著的《新能源发电并网技术丛书》内容包括电力系统储能应用技术、风力发电和光伏发电预测技术、光伏发电并网试验检测技术、微电网运行与控制、新能源发电建模与仿真技术、数值天气预报产品在新能源功率预测中的应用、光伏发电认证及实证技术、新能源调度技术与并网管理、分布式电源并网运行控制技术、电力电子技术在智能配电网中的应用等多个方面。该丛书是中国电力科学研究院等单位在新能源发电并网领域的探索、实践以及在大量现场应用基础上的总结，是我国首套从多个角度系统化阐述大规模及分布式新能源并网技术研究与实践的著作。希望该丛书的出版，能够吸引更多国内外专家、学者以及有志从事新能源行业的专业人士，进一步深化开展新能源并网技术的研究及应用，为促进我国新能源发电产业的技术进步发挥更大的作用！

中国科学院院士、中国电力科学研究院名誉院长：





分布式电源是智能电网发展的重要内容之一。相对于集中式可再生能源大容量、高电压、远距离输送的发电形式，分布式电源以小容量、低电压、就地消纳等特征而被广泛应用，与集中式发电形成有益互补，同时也体现了清洁能源的高效利用。

国家发展和改革委员会、能源局在《能源发展“十三五”规划》（发改能源〔2016〕2744号）、《可再生能源发展“十三五”规划》（发改能源〔2016〕2619号）、《电力发展“十三五”规划（2016—2020年）》等政策及文件中均指出要大力支持和发展分布式电源。在各种政策的支持下，我国分布式电源发展迅速。截至2017年年底，分布式电源装机容量已超过5000万kW。政府、研究机构、企业等的广泛关注也促进了分布式电源在并网及运行管理等方面标准化、规范化程度的不断提高。未来，我国会将分布式电源纳入电力和供热规划以及国家新一轮配网改造计划，促进“源—网—荷”协调发展。

本书着眼于目前国内外分布式电源的快速发展，同时结合分布式电源并网与运行领域的研究和应用成果，借鉴国内外先进高效的分布式电源管理经验，系统介绍了分布式电源的发展和标准体系、分布式电源原理及其并网接入方式、含分布式电源的配电网电压控制、分布式电源对配电网的影响、分布式电源功率预测与运行分析、分布式电源并网运行管理与市场化交易、分布式电源并网数据采集与监测，以及新形式分布式电源并网应用等内容。

本书共8章，其中第1章由孙檬檬、周昶和阚见飞编写，第2章由夏俊荣、刘海璇和程序编写，第3章由华光辉、夏俊荣编写，第4章由夏俊荣、刘海璇编写，第5章由叶荣波、周昶和黄磊编写，第6章由栗峰、夏俊荣编写，第7章由梁硕、刘海璇和邱腾飞编写，第8章由梁硕、刘海璇和阚见飞编写。在全书编写过程中得到了梁志峰、李晨、赫卫国、孔爱良、陆建宇、

马金辉、雷震、郝雨辰、金鑫、孙勇、李宝聚、柴旭峥、孙明一、孙荣富、陆春良、张俊、王会超、徐青山、胡伟、张晓、黄沈乾、丁逸行、陈其、黄剑峰、汪春等人员的大力协助，全书由丁杰指导，董存、许晓慧、周昶、栗峰等审稿，董存、许晓慧统稿完成。

本书在编写过程中参考了相关科研项目成果，也参阅了很多同行的工作成果，引用了许多标准和示范工程的运行数据。在此对国网安徽省电力有限公司、国网江苏省电力有限公司、国网浙江省电力有限公司、国网吉林省电力有限公司、国网冀北电力有限公司、国网河南省电力有限公司、国网福建省电力有限公司、东南大学等单位表示特别感谢。

本书在编写过程中听取并采纳了中国电力科学研究院王伟胜教授、顾锦汶教授的中肯意见和相关建议，也得到了丛书编委会吴福保、朱凌志、周邺飞等同事的相关帮助，在此一并表示衷心感谢！

限于作者水平和实践经验，书中难免有不足和有待改进之处，恳请读者批评指正。

作者

2018年11月



目 录

MULU

序 前言

第 1 章 分布式电源概述	1
1.1 分布式电源特征与定义	1
1.2 分布式电源发展现状及趋势	2
1.3 分布式电源标准体系	7
1.4 本章小结	11
参考文献	12
第 2 章 分布式电源原理及其并网接入方式	13
2.1 分布式电源类型及运行特点	13
2.2 分布式电源并网方式	32
2.3 本章小结	43
参考文献	43
第 3 章 含分布式电源的配电网电压控制	46
3.1 分布式电源对配电网潮流的影响	46
3.2 配电网电压与无功补偿	51
3.3 含分布式电源的配电网电压分布	60
3.4 分布式电源逆变器的功率控制	62
3.5 含分布式电源的电网分层分布式电压控制模式及策略	66
3.6 本章小结	76
参考文献	76
第 4 章 分布式电源对配电网的影响	79
4.1 分布式电源对配电网电能质量的影响	79
4.2 分布式电源对继电保护的影响	86
4.3 分布式电源对配电网供电安全、供电可靠性的影响	91
4.4 分布式电源对电网设备利用率及耗损的影响	94

4.5 本章小结	101
参考文献	102
第5章 分布式电源功率预测与运行分析	104
5.1 分布式发电功率预测	104
5.2 接入分布式电源的配电网分析评估	112
5.3 电能质量分析与评估	120
5.4 本章小结	136
第6章 分布式电源并网运行管理与市场化交易	137
6.1 分布式电源并网服务与管理	137
6.2 分布式电源运行服务与管理	148
6.3 含分布式电源的调度专业管理	158
6.4 分布式发电市场化交易管理	165
6.5 本章小结	170
参考文献	170
第7章 分布式电源并网数据采集与监测	172
7.1 分布式电源并网运行管理数据需求	172
7.2 数据采集规约形式	174
7.3 分布式电源统一信息模型	176
7.4 数据采集通信技术	193
7.5 调度信息接入	198
7.6 信息采集安全防护	203
7.7 分布式电源并网监测	204
7.8 本章小结	209
参考文献	209
第8章 新形式分布式电源并网应用	211
8.1 分布式储能技术	211
8.2 面向分布式电源的虚拟电厂技术	227
8.3 本章小结	255
参考文献	255
附录	257
附录一 名词解释	257
附录二 我国分布式能源相关政策及解读	258

第1章 分布式电源概述

发展清洁低碳能源尤其是可再生清洁能源已成为全球共识，对促进能源转型起到十分积极的作用；利用分布式电源是扩大可再生清洁能源规模的重要途径，因此分布式电源日益受到重视，并开始得到广泛的推广应用，成为集中式发电的有益补充。

分布式电源相对于传统的集中式供电方式而言，能够充分利用各种分散存在、可方便获取的能源，包括可再生能源（风能、太阳能、生物质能、潮汐能等）和不可再生能源（主要是天然气）等形式。分布式电源发电功率通常为数十千瓦到数十兆瓦，布置在用户附近，是就近供能的一种形式。

本章从分布式电源基本特征与定义、发展现状及趋势和标准体系三个方面介绍分布式电源的概况。

1.1 分布式电源特征与定义

分布式电源（distributed resource, DR）在国际上尚未形成统一定义，不同国家、地区和组织对于分布式电源的界定不尽相同。总的来说，分布式电源一般具有以下特征：

(1) 靠近负荷，直接向用户供电。这是分布式电源的最基本特征，适应当地资源的就近利用，实现一次能源就地转化为电能的就地消纳，在各国定义中均提及该特征。

(2) 通常接入低压配电网。由于各国中低压配电网的定义存在差异，因此具体的接入电压等级也略有不同。德国、法国、澳大利亚等国家均将分布式电源接入电压等级限制在中低压配电网，国外的中低压配电网的电压等级一般不超过 20kV。

(3) 装机容量小，通常总装机容量不超过 10MW。美国、法国、丹麦、比利时等国家均将分布式电源的接入容量限制为 10MW 左右，瑞典的接入容量限制为 1.5MW，新西兰为 5MW。

(4) 清洁高效。从国外分布式电源定义中可以看出，分布式电源强调能源的清洁高效利用，通常为清洁的可再生能源发电和高能效的热电联产，具体利用形式包括天然气、冷热电三联供、风电、太阳能发电、小水电等。

国际能源署（International Energy Agency, IEA）的定义为服务于当地用户或当地电网的发电站，包括内燃机、小型或微型燃气轮机、燃料电池和光伏发电系统以及能够进行能量控制、需求侧管理的能源综合利用系统。

世界分布式能源联盟（World Alliance Decentralized Energy, WADE）的定义为位

于用户侧的各种电源,包括高效的热电联产系统和分布式可再生能源发电。

美国电气与电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)的定义为通过公共连接点接入当地配电网的发电设备或储能装置,不直接接入输电网,总容量不超过10MVA。

美国能源部(Department of Energy, DOE)的定义为产生或储存电能的系统,通常位于用户附近,包括生物质能、太阳能、风能、燃气轮机、微型燃气轮机、内燃机、燃料电池以及相应的能量存储装置。

我国在国家政府相关文件、国家和行业技术标准、相关企业通知规范等不同层面文件中也给出了分布式电源的定义。

1. 我国政府相关文件中的定义

分布式发电,是指在用户所在场地或附近建设安装,运行方式以用户端自发自用为主、多余电量上网,且以配电网系统平衡调节为特征的发电设施或有电力输出的能量综合梯级利用多联供设施。

其依据为《分布式发电管理暂行办法》(发改能源〔2013〕1381号)。

2. 我国国家和行业技术标准中的定义

分布式电源是指接入35kV及以下电压等级、位于用户附近、以就地消纳为主的电源,包括同步发电机、异步发电机、变流器等类型。

其依据为《分布式电源并网技术要求》(GB/T 33593—2017)、《分布式电源接入配电网技术规定》(NB/T 32015—2013)。

3. 相关企业通知规范中的定义

分布式电源是指在用户所在场地或附近建设安装,运行方式以用户侧自发自用为主、多余电量上网,且以配电网系统平衡调节为特征的发电设施或有电力输出的能量综合梯级利用多联供设施。包括太阳能、天然气、生物质能、风能、地热能、海洋能、资源综合利用发电(含煤矿瓦斯气体发电)等。

其依据为《关于印发〈分布式电源并网相关意见和规范(修订版)〉的通知》(国家电网办〔2013〕1781号)。

1.2 分布式电源发展现状及趋势

1.2.1 国外分布式电源发展现状

分布式电源已在国际上得到广泛重视,并迅速发展。美国、日本以及欧盟等国家和地区已将发展分布式电源作为能源安全、节能和能源经济发展的重要战略。国外的分布式电源发展起步较早,在政策和管理方面相对成熟,有效地促进了分布式电源的科学、有序发展。



国外分布式电源的发展具有一定的客观规律,分布式电源的开发和利用不仅与其所在地区的资源禀赋特点、电网、电源规模和结构、电网自动化水平、管理体制密切相关,而且还会随着经济社会的发展和电力供需形势的变化而演进。换言之,分布式电源发展应该是与电力工业的发展程度和特定经济社会发展时期公众的观念、价值取向相适应的。

在西方发达国家,分布式电源起步于20世纪70年代,近十几年来得到了较快发展。国外分布式电源发展经历以下主要阶段:

(1) 在国外分布式电源发展初期,电网结构薄弱和电力供应不足,分布式电源开发和利用主要用于解决偏远地区的用电问题和保障某些特定用户的供电可靠性。分布式电源首要任务是满足用电需求,其次是降低能耗和提高经济性。

(2) 随着电网规模不断扩大、电网结构日臻完善、电力供需形势缓和,以及大电网供电可靠性得以保障,提高能源使用效率和环保是分布式电源的直接推动力和追求目标,微型燃气轮机、冷热电联供系统等高效分布式电源应运而生。

(3) 随着全球电力市场化改革不断深入推进,在引入竞争、打破垄断、提高电力工业的生产效率和服务质量的大背景下,分布式电源发展被赋予了新的内涵。分布式电源因具备成为新兴的市场主体条件而能够参与电力市场竞争,此时,经济利益驱动成为分布式电源发展的又一推动力。

(4) 在当今能源和环境压力日益增加的情况下,推动分布式新能源发展是政府和公众对电力系统实现节能减排、应对气候变化的强烈要求,风力发电、太阳能发电、生物质能发电等分布式新能源日益成为社会各界广泛关注的焦点,并得以大力发展。

国外分布式电源发展是因地因网制宜,并无统一范式,在电力工业不同时期、各国经济社会不同发展阶段,分布式电源发展的内涵和表现形式均存在差异。就整体而言,在大电网规模化发展、充分发挥电网规模经济的大背景下,分布式电源仅是大电网的有益补充;此外,在当今新一轮能源革命形势下,高效环保将成为分布式电源发展的主题和方向。

1. 德国

德国分布式电源发展以分布式可再生能源为主。为实现“能源转型”,从核能和化石能源向可再生能源转变,德国政府大力扶持分布式可再生能源的发展,同时积极发展热电联产,力争2030年分布式电源达到发电总装机容量的30%。截至2016年年底,德国光伏发电总装机容量约为4130万kW,其中分布式光伏系统容量占比80%,规划到2020年光伏发电总装机容量为5175万kW。值得一提的是,2016年5月15日德国第一次实现全国电力需求几乎全部由可再生能源供应,当地时间14:00,据柏林的Agora电力研究机构监测,太阳能发电及风能发电达到峰值,可再生能源供应电力达到4550万kW,而同期的整体电力需求为4580万kW。

根据德国环保部统计,截至2015年年底,德国热电联产装机容量2320万kW,约占全国发电总装机容量的16.5%。其中,装机容量在1万kW以下的小型热电联产项目在商业和公共建筑领域应用快速增长,总容量为240万kW。

受资源条件和地域条件限制,德国风电发展主要以分散风电为主。截至2016年年

底,德国风电装机容量 4975 万 kW,其中,装机容量在 2 万 kW 及以下的风电项目容量占 51%,超过风电总容量的一半。

2. 美国

美国是世界上较早发展分布式电源的国家之一,美国油气资源丰富,管网发达,为燃油、燃气发电分散布局、就地平衡创造了条件。美国分布式电源以天然气热电联供为主,其中,热电联供(combined heat and power, CHP)和冷热电三联供(combined cooling, heat and power, CCHP)是主要的利用类型,CHP 主要用于工业,以超过 2 万 kW 的大型机组为主;CCHP 主要应用于商业和居民小区,主要以小型燃气机组为主,用于医院、学校、大学社区和写字楼等。

美国热电联产发展迅速,主要为区域式热电联供系统。根据美国能源部规划,2010—2020 年新增热电联产 9500 万 kW,其中新建商用、写字楼类建筑采用小型冷热电联供达到 50%,已建成商用建筑改用小型冷热电联产达到 15%。

截至 2016 年年底,美国累计分布式光伏装机容量突破 1200 万 kW,在光伏发电累计装机中的占比超过 30%。据预测,到 2020 年,美国有一半以上的新建商用或办公建筑使用分布式电源,同时 2020 年有 15%的现有建筑改用分布式电源。

3. 日本

日本是世界上最早发展热电联产的国家之一。分布式电源以热电联产为主,主要为工业和商业项目。预计 2030 年日本分布式电源占总装机容量的比重将达到 20%。

光伏发电最近几年得到了快速发展,特别是 2012 年 7 月出台新的上网电价政策后,光伏发电出现了井喷式增长。截至 2015 年年底,日本累计光伏装机容量达 3370 万 kW,居世界第三位。项目总数达到近 20 万个,其中大部分是 1MW 以上的大规模项目,甚至包括一些 40 万 kW 的超大型项目。与其他光伏发电快速发展的国家一样,日本现在也面临大量光伏发电项目并网带来的挑战。

过去 20 年日本热电联产技术得到迅速发展。2006 年,日本全国热电联产装机容量 870 万 kW,占全国总装机容量的 4%。日本 CHP 主要采用燃气轮机(377 万 kW)、柴油机(308 万 kW)、内燃机(194 万 kW)三种技术。工业 CHP 电站占 CHP 总装机容量的 80%,平均容量 3.3MW;商业建筑安装的 CHP 电站装机容量占 20%,主要应用于零售业、医院、宾馆、办公楼和体育馆等;微型 CHP 主要应用于家庭,容量通常小于 10kW。受较差的资源条件约束,日本风电发展较为缓慢。截至 2016 年年底,风电装机容量为 323 万 kW。

1.2.2 我国分布式电源发展现状

分布式电源的发展在我国已有较长的历史,从最早分散独立电网供电开始,就采用了小容量的热电联产和小水电发电。随着经济和技术的发展,我国逐渐形成了互联的大型电网,并且有大型发电站并网发电。在有电网调节手段的基础上,分布式



电源才开始进一步发展。近年来,城市冷热电多联供系统和建筑光伏、小风电等分布式电源开始逐步增多。由于我国天然气尚属稀缺资源、配套管网设施不健全,分布式天然气发电发展较慢,但光伏、小水电,余热、余压、余气综合利用发电,生物质能发电等发展迅速。

我国在政策方面对分布式电源的发展十分重视,相继颁布了《可再生能源法》和《可再生能源中长期发展计划》,计划在2020年分布式电源容量达到总装机容量的8%。

1.2.2.1 我国分布式电源发展

截至2017年年底,我国分布式光伏发电累计装机容量2966万kW,同比增长190%;新增装机容量1944万kW,同比增长3.7倍;8个省份分布式光伏发电累计并网容量超过100万kW,浙江、山东超过400万kW,江苏、安徽超过300万kW。我国小水电累计装机容量为7972万kW,占全部水电装机容量的近1/4。分布式储能项目已达5.54万kW(不含抽蓄、压缩空气和储热)。全国20多个省份共有60多个分散式风电项目已建成发电,合计装机容量接近400万kW,预计到2020年达2000万kW。我国天然气分布式发电累计装机容量为1200万kW,距2020年装机容量达到5000万kW的目标差距较大。

1.2.2.2 我国分布式电源相关政策

1. 国家层面

以《可再生能源法》颁布为标志,为加快分布式电源的有序快速发展,特别是为大力推动分布式光伏发展,国家发展改革委、能源局、财政部等部委相继出台了若干个部门文件,分布式电源的政策法规不断完善。从政策内容来看,可以分为强制性或指令性政策、经济激励政策和市场开拓政策三类。

强制性或指令性政策为分布式电源发展提供了法律法规保障。为促进可再生能源的开发利用,我国自2006年1月1日起施行《可再生能源法》,并于2009年对《可再生能源法》进行了修订,修订后的《可再生能源法》要求制定可再生能源总量目标和相关规划,并建立可再生能源发电“全额保障性收购”制度和设立可再生能源发展基金。另外还发布了《分布式发电管理暂行办法》(发改能源〔2013〕1381号)等多项有关项目管理方面的政策管理文件,通过放开分布式光伏年度计划规模、扩大分布式光伏发电定义范围、调整分布式光伏项目入网方式、向电力用户直接售电等措施,极大地促进了分布式电源(分布式光伏发电)的发展。

经济激励政策为分布式电源提供经济支持,推动市场迅速发展。2007年,国务院发布《中华人民共和国企业所得税法实施条例》,规定光伏发电企业所得税实行“三免三减半”政策;2009年,我国开始针对太阳能光电建筑和“金太阳”示范工程进行初始投资补贴,但由于在机制设计及管理上存在缺陷,该政策于2013年取消;2013年,国家发展和改革委员会(以下简称“发改委”)出台《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业

健康发展的通知》，完善了光伏发电价格政策，对分布式光伏发电实施全电量补贴政策，补贴价格为 0.42 元/(kW·h，含税)，同年光伏发电被纳入增值税即征即退 50% 的政策；2016 年，国家发改委发出《关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知》，提出将分资源区降低光伏电站、陆上风电标杆上网电价，而分布式光伏发电补贴标准和海上风电标杆电价不做调整；2018 年 6 月开始，新投运的、采用“自发自用、余电上网”模式的分布式光伏发电项目，全电量度电补贴标准降低 0.05 元，即补贴标准调整为 0.32 元/(kW·h，含税)。

市场开拓政策促进分布式电源的多元化发展。根据我国资源分布、可再生能源发电建设和运行情况，光伏发电由集中式开发向集中式和分布式开发并举的模式发展。为促进分布式光伏发电发展，探索分布式光伏发电应用形式，提高分布式光伏发电消纳能力，能源局发布了《关于推进分布式光伏发电应用示范区建设的通知》（国能新能〔2014〕512 号），公布了首批 30 个分布式光伏发电应用示范区的名单，《关于下达第一批光伏扶贫项目的通知》（国能新能〔2016〕280 号）中公布了第一批光伏扶贫项目，总装机容量 516 万 kW；国家发改委和能源局发布了《关于印发新能源微电网示范项目名单的通知》（发改能源〔2017〕870 号），确定了一批共 28 个微电网的示范项目。另外在《可再生能源发展“十三五”规划》《电力发展“十三五”规划（2016—2020 年）》中提出要大力发展分布式电源，2020 年分布式光伏发电装机容量达到 6000 万 kW 以上。

2. 省市级层面

各级政府叠加扶持和补贴分布式电源并网。除了国家统一的补贴政策外，2013 年以来，一些地方省市为扶持本地光伏制造企业，也出台了地方补贴政策，主要包括电价补贴、土地支持、“绿色通道”等。全国范围内多个省份出台电价补贴政策和土地补贴政策。例如浙江 2018 年 1 月 1 日之后投运“全额上网”模式分布式光伏发电项目，将执行 0.75 元/(kW·h，含税)的标杆电价；2018 年 1 月 1 日以后并网的“自发自用、余量上网”分布式光伏发电项目，补贴标准调整为 0.37 元/(kW·h，含税)。

1.2.3 分布式电源发展趋势

未来 5~10 年，是全球新一轮科技革命和产业变革从蓄势待发到群体迸发的关键时期，物联网、云计算、大数据、人工智能等技术广泛渗透于经济社会各个领域，绿色低碳发展理念推动能源清洁生产技术的大规模应用，世界能源资源版图将有所改变。

一方面，随着全球新一轮科技革命和产业变革的推进，以及“十三五”国家战略性新兴产业规划，未来我国分布式电源将在多能互补、“互联网+”智慧能源及综合能源系统等方面取得更进一步的发展；另一方面，微电网、综合能源等分布式电源应用形式，可有效提高分布式电源的运行控制水平，促进分布式电源的就地消纳，受到了政府、研究机构、企业等的广泛关注，政府连续发文支持微电网、综合能源、能源互联网等新技术、新形式。

我国分布式电源类型多样，各有优势，呈现不同分布式电源共同发展的趋势。其