

世界一流 城市电网建设

赵 亮 / 主编

World-class

Urban Power Network Construction



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

世界一流 城市电网建设

赵 亮 / 主编

World-class

Urban Power Network Construction



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以城市发展新需求和电网发展新形势为出发点,借鉴世界先进城市电网的建设经验,阐述世界一流城市电网建设理念,构建世界一流城市电网建设评价指标体系,梳理建设实施涉及的关键技术,探索提出适应城市发展趋势的世界一流城市电网建设实施路径和主要建设内容,最后总结国内外一流城市电网工程实践案例,并展望世界一流城市电网发展新方向。

本书可作为城市规划主管部门、电力及其他能源行业从业者、城市电网建设管理和研究人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

世界一流城市电网建设/赵亮主编. —北京:中国电力出版社, 2018.7

ISBN 978-7-5198-1760-2

I. ①世… II. ①赵… III. ①城市配电网—电气工程 IV. ①TM727.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第034836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:崔素媛(010-63412392)

责任校对:朱丽芳

装帧设计:左 铭

责任印制:杨晓东

印 刷:北京九天众诚印刷有限公司
版 次:2018年7月第一版
印 次:2018年7月北京第一次印刷
开 本:710毫米×980毫米 16开本
印 张:17.25
字 数:229千字
定 价:128.00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

编 委 会

主 编	赵 亮					
副 主 编	闫卫国	赵洪磊	王迎秋			
编委会成员	王 强	何 平	么 军	赵宝国	张 健	
	王海林	唐志津	孙龙彪	梁宝全	陈 涛	
顾 问	王成山	黄永章	韩 丰	张 全		
编写组组长	赵洪磊					
编写组副组长	何 平	庄 剑	张 军	何 勇	项添春	
	陈 涛	石琳光				
编写组成员	刘 聪	王 哲	徐 晶	迟福建	李桂鑫	
	毛 华	刘树勇	刘英英	罗凤章	刘冬梅	
	刘 超	李盛伟	任国岐	王世举	黄丽妍	
	夏 冬	高 毅	杨 帆	张 梁	王浩鸣	
	杨宇全	吴志力	李红军	崔 凯	宋 毅	
	梁 伟	孙 灿	王第成	张 帆	韩新阳	
	张 钧	代贤忠	张 岩	田 鑫	翟树军	
	祖 敏	王 鑫	吴树茂	孙 阔	张 剑	
	孙京生	杨得博	苏有功	王庆彪		

能源战略思想是习近平新时代中国特色社会主义思想重要组成部分，十九大报告提出加强电网基础设施网络建设，推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。国家电网公司党组审时度势、与时俱进的提出“一六八”战略，符合能源生产和消费革命趋势，符合现代企业发展规律，是引领公司实现新时代奋斗目标的行动纲领。

城市电网涵盖城市范围内各电压等级电网，是电能供应链中联系发电企业和终端用户的关键环节。建设世界一流城市电网对确保城市能源安全供应、推动城市能源转型等方面具有重要意义。

建设世界一流城市电网是电网企业适应新时代城市发展的内在要求。随着我国经济发展方式转变，产业结构优化升级，城市化进程不断加快，城市电网的发展进入新的历史时期。建设世界一流城市电网就是要打造可靠性高、友好互动、经济高效的现代化电网，提升城市电网的供电可靠性和电能质量，适应城市发展清洁能源供应和多元化负荷接入的需求，消除城市电网发展不平衡不充分矛盾，满足人民日益增长的美

好生活的用能需求，更好地发挥城市电网整体效能和在城市能源资源配置和转换利用中的基础平台作用，适应蓬勃推进的能源生产和消费革命新形势，这也是新时代城市电网发展的重要使命。

建设世界一流城市电网是转变电网发展方式的必由之路。十九大报告指出，我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。城市电网发展也进入了转变增长方式的关键时期。建设以坚强智能电网为核心的新一代电力系统，进而构建融合多能转换技术、智能控制技术和现代信息技术，广域泛在、开放共享的能源互联网，是电网发展的必然趋势。城市电网发展与城市发展规划、用户多元化需求、清洁能源供应密切相关，多方联动，紧密配合，共谋发展，提高电网发展综合竞争力和可持续发展能力是统筹电网建设长远目标和城市发展需求的必然选择。

建设世界一流城市电网是世界一流能源互联网企业的物质基础。建设世界一流城市电网，将以新一代电力系统为承载，全面推动再电气化，构建能源互联网，引领新一轮能源革命向纵深发展。未来的电网既需要统筹电源和负荷协调发展，向友好互动的智能电网发展，又需要促进各类能源信息共享，逐步向以电为中心，多种能源互联的智能化、多元化综合能源服务平台转变。建设世界一流能源互联网，核心仍是建设世界一流的坚强城市电网。随着分布式能源、电动汽车和储能等设施的大量接入，城市电网的网络形态、功能作用将发生根本变革，建设世界一流城市电网将会产生多重价值和效益，支撑起能源互联网发展，实现以电为中心的能量流、信息流、价值流高度融合。

迈进新时代，国网天津市电力公司将以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入践行“一六八”战略，高效实施“1001”工程，加快推进国家电网公司与天津市战略协议落地，早日实现建成具有卓越竞争力的世界一流能源互联网企业的发展目标。

国网天津市电力公司董事长、党委书记

赵 亮

城市的发展离不开电网的发展。2013年9月，国务院印发《关于加强城市基础设施建设的意见》提出“推进城市电网智能化”。2014年3月，中共中央、国务院印发《国家新型城镇化规划（2014～2020年）》提出京津沪等大都市要“发展智能配电网”。进入“十三五”以来，城市化进程不断加快，产业结构不断升级优化，对城市电网供电服务水平提出新要求。天津、北京、上海等10座大型城市启动世界一流城市电网行动计划，全力支撑经济发展和服务社会民生。

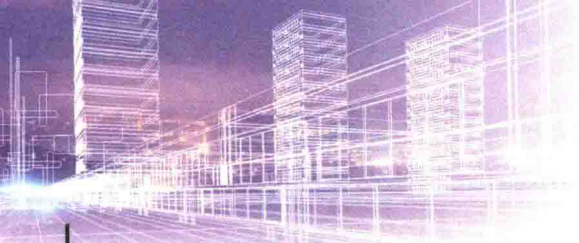
建设世界一流城市电网是国家、城市、电网公司的战略需求，核心内涵是建设“安全可靠、服务优质、经济高效、绿色低碳、智能互动”的现代化电网。为适应新时代背景下蓬勃推进的能源生产和消费革命新形势的必然要求，电网企业开启了建设世界一流能源互联网企业新征程。天津、江苏等多个省市已率先启动能源互联网方面相关研究工作。建设世界一流能源互联网，核心仍是建设世界一流的坚强城市电网。需要持续加大电网建设，提高电网整体效能，消除电网发展不平衡不充分矛盾，发挥电网在能源资源配置和转换利用中的基础平台作用。

建设世界一流城市电网是一项系统化工程。在深入分析电网现状的基础上，一方面瞄准世界先进城市电网发展水平，探索世界一流城市电网核心含义和发展思路，另一方面开展全方位对比分析，找出差距和努力方向。在此基础上构建世界一流城市电网指标体系，遵照“差异化”建设原则，通过技术进步和管理提升两条主线，实施世界一流城市电网的系统化建设。经过研究实践，世界一流城市电网建设理念和内涵得到深化和发展，本书是在以上工作的基础上，对现阶段世界一流城市电网建设的完整诠释。

全书共分为七章，第一章概述城市电网的主要特点和发展历程，第二章阐述城市电网面临的新形势，第三章提出世界一流城市电网建设理念，第四章论述世界一流城市电网指标体系及关键技术，第五章分析世界一流城市电网实践路径，第六章介绍世界一流城市电网典型实践，第七章展望了世界一流城市电网发展新方向。

本书在编写过程中得到了许多同仁的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

限于编者人员水平，书中难免存在疏漏与不足之处，恳请读者批评指正。



序
前言

第一章 城市电网概述	1
第一节 城市电网主要特点	3
一、城市电网与电力系统	3
二、城市电网与能源发展	7
第二节 城市电网发展历程	9
一、雏形时代	10
二、联网时代	11
三、智能电网时代	15
本章小结	18
第二章 城市电网面临的新形势	19
第一节 电力体制改革	21
一、电网规划	22
二、客户服务	25
三、运营效益	26

第二节 清洁能源及负荷多元化	29
一、清洁能源消纳	29
二、多元化负荷接入	31
第三节 能源产业变革	33
一、能源产业发展趋势	33
二、能源互联网建设	34
三、综合能源服务	37
本章小结	39
第三章 世界一流城市电网建设理念	41
第一节 建设驱动力	43
一、实施背景	43
二、价值和效益	50
第二节 基本概念	58
一、主要特征	58
二、发展思路	60
三、发展目标	62
本章小结	64
第四章 世界一流城市电网指标体系及关键技术	67
第一节 指标体系	69
一、安全可靠	71
二、服务优质	77
三、经济高效	80
四、绿色低碳	85
五、智能互动	88

第二节 关键技术	91
----------------	----

一、大规模新能源发电及并网技术	91
-----------------------	----

二、智能变电站技术	102
-----------------	-----

三、高级配电自动化技术	108
-------------------	-----

四、智能用电技术	113
----------------	-----

五、信息与通信技术	124
-----------------	-----

本章小结	128
------------	-----

第五章 世界一流城市电网实施路径	129
------------------------	-----

第一节 总体规划	131
----------------	-----

一、战略框架	131
--------------	-----

二、实践路径规划	133
----------------	-----

第二节 建设重点	135
----------------	-----

一、电网形态	135
--------------	-----

二、一次设备智能化	139
-----------------	-----

三、配电自动化	146
---------------	-----

四、智能通信网	155
---------------	-----

五、信息化支撑平台	160
-----------------	-----

六、智能用电	167
--------------	-----

七、清洁能源消纳	172
----------------	-----

八、运维管理体系	179
----------------	-----

九、用户体验	187
--------------	-----

本章小结	194
------------	-----

第六章 世界一流城市电网典型实践	197
------------------------	-----

第一节 国外先进城市电网建设实践	199
------------------------	-----

一、新加坡城市电网	199
二、巴黎城市电网	204
三、东京城市电网	209
第二节 国内一流城市电网建设实践	215
一、配电自动化示范项目	215
二、多能协同主动配电网示范项目	222
三、智能电网综合示范项目	228
本章小结	236
第七章 以世界一流电网促进世界一流城市建设	237
第一节 世界一流城市建设方向	239
一、城市发展新特点	240
二、城市能源网络化发展	243
第二节 世界一流城市电网新发展	246
一、能源互联网建设	246
二、探索新一代电力系统	250
第三节 世界一流电网支撑世界一流城市发展	253
一、推动城市能源互联，促进能源网络转型	254
二、延伸智能电网建设，构建智慧高效电网	255
三、支撑智慧城市建设，实现可持续发展	256
本章小结	258
参考文献	260

第一章

城市电网概述

城市电网是指城市范围内为城市供电的各个电压等级电网的总称，是电力系统的重要组成部分，是为现代城市提供电力供应的重要基础设施。城市电网为城市提供安全可靠、高质量的电能，服务人民生活和城市发展的各个方面。城市电网的发展遵循电网发展的客观规律，始终是“求进步、谋发展”的探索过程，是依靠科技进步和技术创新迎接挑战、实现超越的实践过程。随着社会经济发展和人们生活水平的不断提高，城市电网向着规模越来越大，功能越来越完善，技术水平越来越高的方向发展。



第一节 城市电网主要特点

20 世纪出现的电力系统，是人类工程科学史上最重要的成就之一。电能的广泛应用，推动了社会生产生活各个领域的发展，开创了电气化时代，引领了近代史上的第二次技术革命。电力系统大发展促使一次能源得到更充分的开发，工业布局更为合理。电能的应用不仅深刻影响着社会物质生产的各个层面，也越来越广地渗透到人们日常生活中。目前，电力系统的发展程度和技术水平已成为各国经济发展水平的重要标志之一。

城市电网是电力系统的重要组成部分，又是其主要负荷中心，具有用电量、负荷密度高、安全可靠和供电质量要求高等特点，并且设备设施复杂，管理和调度运行技术水平要求高，规模经济性好。城市电网还是城市现代化建设的重要基础设施之一，城市电网的各项建设和改造项目必须与城市发展规划相互配合、同步实施，城网设施与市容建设须相互匹配、满足环保要求。

一 城市电网与电力系统

（一）电力系统

电力系统是指由发电、输电、配电、用电及控制保护等环节组成的电能生产、传输、分配和消费的系统。发电厂将各类一次能源转换为电能，电能经过输电网和配电网输送和分配至电力用户，从而完成电能从生产到使用的整个过程。电力系统的根本任务是向用户提供可靠、合格和经济的电能。



电力系统的主体由供电电源、电网和电力用户构成。供电电源指各类发电厂、站，它将一次能源转换成电能。电网由电源的升压变电站、输电线路、降压变电站、配电线路等构成，它的功能是将电源电压升压后将电能输送到负荷中心变电站，再降压后，经配电线路供给用户。电力系统中网络节点交织密布，它既能输送大量电能，也有可能因系统性故障发生大规模停电而在瞬间造成重大的灾难性事故。如图 1-1 所示为电力系统示意图。

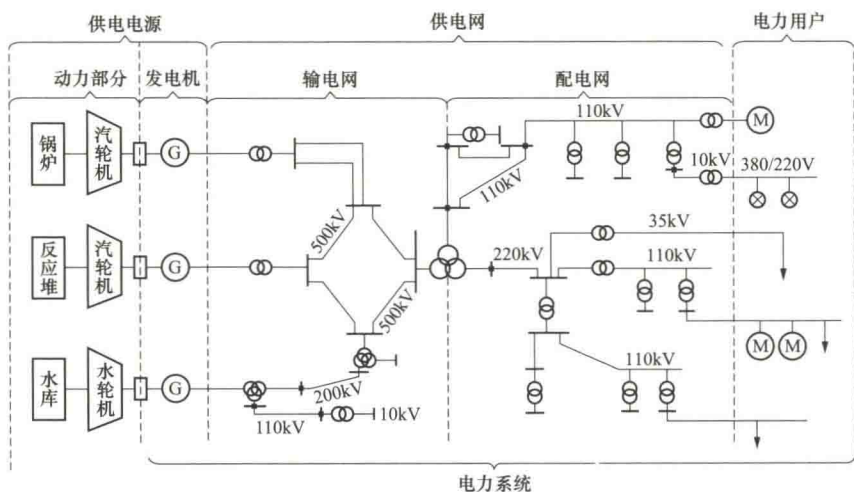


图 1-1 电力系统示意图

1. 供电电源

城市供电电源，为城市提供电能来源的发电厂和接受市域外电力系统电能的电源变电所总称，主要包括城市电厂、区域变电站等。电厂包括火力发电厂、水力发电厂及其他新能源电站。

2. 城市电网

城市电网，由城市输电网与配电网组成。城市输电网包括城市变电站和从电厂、区域变电站接入的输电线路等设施；配电网是将输电网受端的电能逐级分配给电力用户的供电设施的总称。

3. 电力用户

电力用户大致可分为：居民用户（电压等级小于 1 千伏、10 千伏）、工