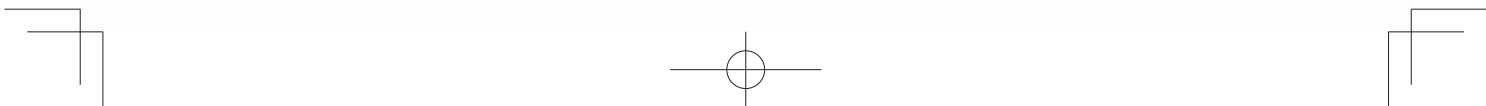


电力物联网概论

曹军威 主编



 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



内 容 提 要

电力物联网的研究与应用已经成为潮流和趋势。国家电网有限公司提出建设世界一流的能源互联网企业。电力物联网是能源互联网发挥基础设施、平台效应和价值创造作用的支撑。基于这样的认识,本书对电力物联网的相关技术与应用进行概述。

本书首先从宏观上介绍互联网、物联网、智能电网、能源互联网等技术的演进背景和国内外发展现状;然后分析电力物联网建设原则与要求、技术体系及应用,并从传感控制、通信网络、平台架构和应用服务四个方面阐述电力物联网总体架构;接着详细讨论电力物联网所涉及的关键技术和典型应用场景。最后,本书展望未来信息技术在电力物联网中的应用发展,并给出发展建议。

本书可供能源电力行业的从业人员使用,也可供能源电力和信息技术相关的研究生参考,同时适用于任何对新技术和未来趋势感兴趣的读者。

图书在版编目(CIP)数据

电力物联网概论 / 曹军威主编. —北京: 中国电力出版社, 2020.3
ISBN 978-7-5198-4342-7

I . ①电… II . ①曹… III . ①互联网络—应用—研究 ②智能技术—应用—研究
IV . ① TP393.409 ② TP18

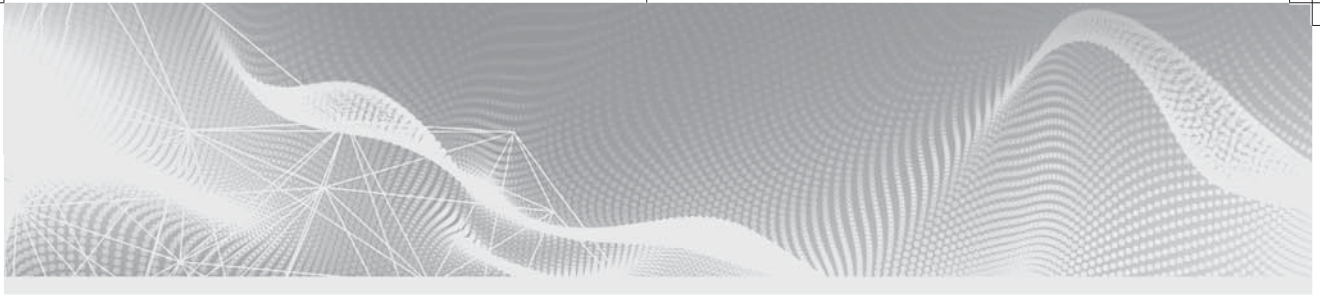
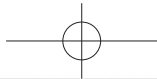
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 029062 号

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: 黄 蓓 马 宁
装帧设计: 郝晓燕
责任印制: 杨晓东

印 刷: 北京天宇星印刷厂
版 次: 2020 年 3 月第一版
印 次: 2020 年 3 月北京第一次印刷
开 本: 710 毫米 × 1000 毫米 16 开本
印 张:
字 数: 206 千字
定 价: 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换



前 言

互联网实现人与人的通信，物联网实现万物互联。从互联网到物联网，是信息基础设施的又一次变革。互联网的成功得益于通用协议、水平互联的网架，物联网目前的发展还以专用网络和垂直应用为主，未来随着 5G 等通信技术的发展和云计算、人工智能等计算技术的提升，会逐渐发展成为通用平台。

能源电力基础设施的发展也有着类似的逻辑，尤其是近年来智能电网和能源互联网的发展，使得借鉴互联网理念自下而上构建能源基础设施成为可能。能源互联网具有典型的信息物理融合特性，未来将发展成为信息能源基础设施一体化。电力物联网的研究与应用成为潮流和趋势。

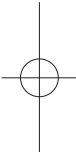
互联网的平台思维就是开放、共享、共赢的思维，能源互联网的发展也需要发挥平台效应，而这方面主要靠电力物联网来支撑。比如，以能源互联网的具体实现形式之一——综合能源服务为例，这种区域化的多能互补模式进一步增强了能源电力系统的碎片化，其中区域不同、专业领域不同、多种能源的匹配程度不同等，都使得利益的碎片化明显，难以收集长尾效益。这方面的问题不可能从能量层得到解决，只能通过电力物联网形成多个区域、多个项目的信息服务平台，在信息层做到透明并进一步优化共享，降低规模化的边际成本，形成平台效应。

电力物联网还支撑能源互联网实现价值创造。能源互联网不是为了互联而互联、为了接入而接入，能源互联网是要提供价值和增值服务，必须形成价值闭环并且创造新的价值。但最终的核心价值在哪里，如何形成价值闭环，如何成为市场上站得住脚的独立运营业务，还需要能源互联网的不同环节协调配合。价值创造的最终来源是用户，尽最大可能为用户提供好的服务，是互联网思维的核心，用户入口就意味着最终的价值导入，从用户到流量、到不断迭代、到平台思维，互联网在用户服务方面要做到极致体验的思路很值得借鉴，在这些方面能源服务的道理也一样，应该将服务从终端用能用户拓展到全产业链的用户，并与综合能源服务平台进一步整合，真正实现能源互联网从能量、信息、业务到价值的透明




和统一。

因此，电力物联网是能源互联网发挥基础设施、平台效应和价值创造的支撑，本书着力概述电力物联网的技术与应用。本书第1章介绍了互联网、物联网、智能电网、能源互联网的发展背景和国内外现状；第2章重点梳理了电力物联网的总体架构，主要分传感控制、通信网络、平台架构和应用服务四个层面；第3章概述电力物联网相关的关键技术，包括10个重点方面技术的基础介绍；第4章描述了电力物联网的典型应用场景，包括从基础设施到商业模式和业态生态共10个方面；第5章介绍了未来技术和应用趋势，并给出未来电力物联网发展的建议。



本书的写作避免了纯粹的学术视角，而更多的是希望提供一个广泛而深入浅出的电力物联网入门级概述。本书的主要读者是能源电力行业的从业人员，在电力物联网兴起和大规模建设的初期，本书的介绍有助于理清思路并指导工作；本书还可供能源电力和信息技术专业相关的研究生阅读，有助于他们了解业界的最新发展动态，理解交叉研究的广阔空间；本书的读者其实不限于专业人员，任何对新技术和未来趋势感兴趣的读者都可以从中获益，因为我们相信能源和信息将共同构筑未来科技发展的基石。



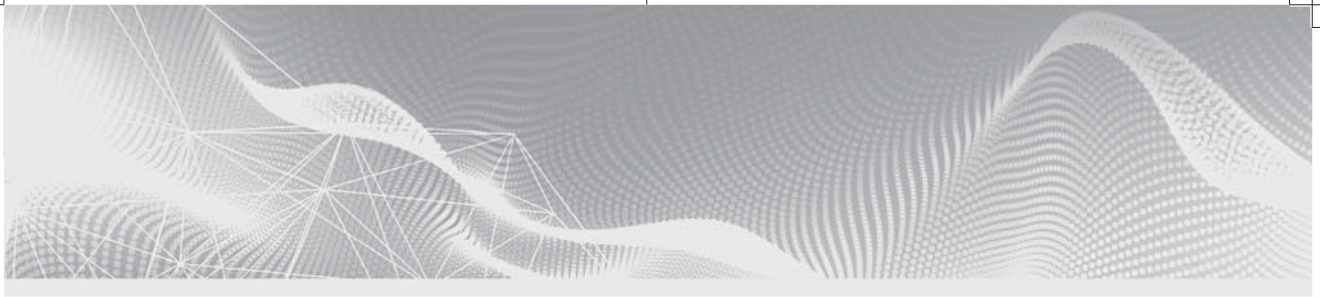
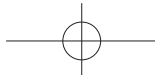
本书由清华大学信息技术研究院能源互联网技术研究中心曹军威研究员及全体博士团队共同完成，他们是华昊辰博士、郭健博士、肖泽青博士、杨洁博士、袁仲达博士、明阳阳博士、梁宏博士、王同贺博士，他们多年来从事能源电力与信息通信控制技术的交叉研究，承担了本书的构思、整理、修改和定稿全部工作。本书在写作过程中查阅、整理和引用了能源互联网和电力物联网大量相关文献，没有前人的工作，不可能做到本书系统的梳理和介绍，在此对他们的贡献一并表示由衷的感谢。

电力物联网涉及的技术和应用内容广泛，本书的写作肯定还有遗漏和疏忽的地方，恳请广大读者批评指正。

作者

2019年6月

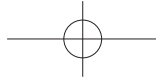




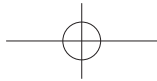
目 录

前言

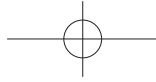
第 1 章 电力物联网背景介绍	1
1.1 背景与意义	1
1.2 互联网与物联网	2
1.2.1 互联网	2
1.2.2 物联网	3
1.3 智能电网与能源互联网	4
1.3.1 智能电网	4
1.3.2 能源互联网	5
1.4 电力物联网与信息通信技术	7
1.4.1 电力物联网对信息通信能力的需求和特点	7
1.4.2 电力物联网的信息通信关键技术	9
1.5 国内外发展现状	15
1.5.1 美国发展情况	15
1.5.2 欧盟发展情况	17
1.5.3 日本发展情况	18
1.5.4 国内发展现状	18
第 2 章 电力物联网总体架构	20
2.1 建设原则与要求	20
2.1.1 建设原则	20
2.1.2 建设要求	22
2.2 技术体系及应用分析	26
2.2.1 技术体系	27
2.2.2 技术应用分析	30



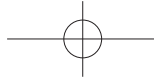
2.3	传感控制	34
2.3.1	传感装置	34
2.3.2	适配控制	35
2.3.3	功能分析	38
2.4	通信网络	41
2.4.1	网络层次结构	41
2.4.2	通信需求分析	43
2.4.3	通信方式	45
2.4.4	组网方式	50
2.5	平台架构	52
2.5.1	功能架构	52
2.5.2	计算架构平台	53
2.6	应用服务	58
2.6.1	线路多维感知在线监测系统	58
2.6.2	配电巡检系统	58
2.6.3	变电站设备状态在线监测系统	59
2.6.4	电力设施防护及安全保电支撑平台	60
2.6.5	配电现场作业监管系统	60
2.6.6	智能用电服务系统	61
2.6.7	用电信息采集系统	61
2.6.8	基于 RFID 的电力物联网设备管理系统	63
	本章小结	64
第 3 章	电力物联网关键技术	65
3.1	物联网	65
3.1.1	基本概念	65
3.1.2	发展趋势	65
3.1.3	创新 2.0 模式	67
3.2	信息物理融合系统 (CPS)	67
3.2.1	CPS 基本概念及架构	67
3.2.2	CPS 的特点	69
3.2.3	电网 CPS 的技术特征	70



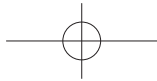
3.3	云计算	71
3.3.1	云计算的概念	71
3.3.2	云计算的特点	73
3.3.3	云计算技术	73
3.3.4	云计算的应用	74
3.3.5	云计算所面临的挑战	75
3.4	大数据	76
3.4.1	大数据产生的背景	76
3.4.2	大数据的概念	77
3.4.3	大数据的特征	77
3.4.4	大数据的意义	78
3.4.5	大数据分析过程	79
3.4.6	电力系统大数据	81
3.5	移动计算	82
3.5.1	概念及系统组成	82
3.5.2	移动计算模型	82
3.5.3	移动计算关键技术	84
3.5.4	移动计算的应用	84
3.6	边缘计算	85
3.6.1	边缘计算的概念及架构	85
3.6.2	边缘计算的使能技术	86
3.6.3	边缘计算应用场景	86
3.6.4	边缘计算技术发展带来的影响	88
3.7	人工智能	89
3.7.1	人工智能的概念	89
3.7.2	人工智能的应用方法	89
3.7.3	人工智能在电力系统中的发展趋势	91
3.8	区块链	92
3.8.1	区块链的含义及基础架构	92
3.8.2	区块链基础技术特点	93
3.8.3	区块链基础技术价值	94



3.8.4	区块链基础技术潜在的应用	94
3.9	信息安全	95
3.9.1	信息安全的意义和重要性	95
3.9.2	信息安全的影响因素	96
3.9.3	安全策略	97
3.9.4	相关技术	97
	本章小结	99
第 4 章	电力物联网典型应用场景	100
4.1	信息能源基础设施一体化	100
4.1.1	基础设施形成	100
4.1.2	信息能源基础设施一体化	101
4.1.3	基础设施一体化设备——能量路由器	102
4.1.4	融合途径	104
4.1.5	电力物联网在本场景中的作用	104
4.2	多能互补与综合能源服务	105
4.2.1	能源互联网与多能互补	105
4.2.2	综合能源服务	108
4.2.3	电力物联网在本场景中的作用	109
4.3	能量管理、调度与优化	109
4.3.1	园区能量管理系统	109
4.3.2	协同优化控制技术	111
4.3.3	储能系统的调度和控制	113
4.3.4	电力物联网在本场景中的作用	113
4.4	企业经营管理	114
4.4.1	企业上云	114
4.4.2	数据监测系统安装	116
4.4.3	能源供应链服务	118
4.4.4	绿色金融	119
4.4.5	电能质量治理	119
4.4.6	电力物联网在本场景中的作用	120
4.5	用户服务平台	121



4.5.1	系统架构	121
4.5.2	服务平台功能	122
4.5.3	该场景下的电力物联网建设	125
4.6	电力需求侧管理与虚拟电厂	126
4.6.1	电力需求侧管理实施背景	127
4.6.2	实施意义	127
4.6.3	发展方向	128
4.6.4	电力需求响应技术	130
4.6.5	电力需求侧管理实施主体	131
4.6.6	虚拟电厂	132
4.6.7	电力物联网在本场景中的作用	132
4.7	数据资产与运营	133
4.7.1	内部数据应用	134
4.7.2	外部数据服务	137
4.7.3	合作伙伴	139
4.7.4	电力物联网在本场景中的作用	139
4.8	能源互联网金融	140
4.8.1	融资模式	140
4.8.2	创新融资模式	141
4.8.3	能源互联网交易机制	142
4.8.4	能源互联网金融	145
4.8.5	电力物联网在本场景中的作用	146
4.9	电力市场与商业化运营	147
4.9.1	能源互联网商业模式特点	147
4.9.2	具体运营模式	147
4.9.3	分布式能源交易	150
4.9.4	商业化运营	150
4.9.5	电力物联网在本场景中的作用	151
4.10	能源互联网业态与生态	151
4.10.1	未来典型的能源互联网应用	151
4.10.2	互联网化的能源应用特征	152



4.10.3	典型能源互联网模式下的应用场景	152
4.10.4	分散式的能源互联网	155
4.10.5	电力物联网在本场景中的作用	155
	本章小结	156
第 5 章	未来与展望	157
5.1	未来技术发展	157
5.1.1	增强虚拟现实	157
5.1.2	数字孪生 (Digital Twins)	158
5.1.3	智物 (Intelligent Things)	158
5.1.4	未来信息技术	159
5.2	未来应用趋势	159
5.2.1	智能家居与“源—网—储”的实时互动	159
5.2.2	面向能源互联网的“云—边—端”协同运行	161
5.2.3	基于特征分析的自适应应用能策略调整	162
5.2.4	数字能源供应链金融	163
5.3	展望	163
5.3.1	发展阶段和内涵	163
5.3.2	发展面临的问题	164
5.3.3	发展建议	165
	本章小结	166
	附录 名词术语一览表	167
	参考文献	172