



★ “十三五” ★

国家重点图书出版规划项目

ISCRI

中国生产力促进中心协会
国际智慧城市研究院

国际智慧城市研究院

智慧城市实践系列丛书



智慧电网实践

SMART ELECTRICITY GRID PRACTICE

主 编 苏秉华

副主编 王继业 许 军 蔡文海



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

★ ★ ★
★ “十三五” ★



国家重点图书出版规划项目

ISCRI
INTERNATIONAL SMART CITY RESEARCH INSTITUTE
国际智慧城市研究院

中国生产力促进中心协会
国际智慧城市研究院

智慧城市实践系列丛书

Tm76
7P

智慧电网实践

SMART ELECTRICITY GRID PRACTICE

主 编 苏秉华

副主编 王继业 许 军 蔡文海

RFID

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

智慧电网实践 / 苏秉华主编. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2019. 6

(智慧城市实践系列丛书)

ISBN 978-7-115-51129-4

I. ①智… II. ①苏… III. ①智能控制—电网—研究
IV. ①TM76

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第069222号

内 容 提 要

本书分为三篇,共13章:第一篇是理论篇,包括智慧电网概述和智慧电网的发展;第二篇是路径篇,讲述了智慧电网的顶层设计、智慧电网的重点领域、智慧电网设备运营管理以及智慧电网在物联网和大数据的应用,并展望了新能源发电;第三篇是案例篇,通过案例对智慧电网实践进行了解读。通过阅读本书,读者会切身体会到智慧电网建设构成的方方面面以及我国在智慧电网领域的努力方向及建设思路。

本书可供智慧电网建设企业的相关从业人员,智慧电网的研究者及方案、设备提供商的管理者阅读和参考,也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

◆ 主 编 苏秉华

副 主 编 王继业 许 军 蔡文海

责任编辑 贾朔荣

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本: 700×1000 1/16

印张: 19.5

2019年6月第1版

字数: 391千字

2019年6月河北第1次印刷

定价: 99.00 元

读者服务热线: (010) 81055493 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

智慧城市实践系列丛书

编 委 会

总 顾 问：徐冠华（中国科学院院士、科技部原部长）

高 级 顾 问：刘燕华（国务院参事、科技部原副部长）

石定寰（国务院原参事，科技部原秘书长、党组成员）

邬贺铨（中国工程院院士）

孙 玉（中国工程院院士）

赵玉芬（中国科学院院士）

刘玉兰（中国生产力促进中心协会理事长）

杨 丹（重庆大学常务副校长、教育部软件工程教学
指导委员会副主任委员、教育部高等学校创业
教育指导委员会委员）

耿战修（中国生产力促进中心协会常务副理事长）

刘维汉（中国生产力促进中心协会秘书长）

李恒芳（瑞图生态股份公司董事长、中国建筑砌块协会
副理事长）

李 焱（北斗应用技术公共服务平台主任）

杨植文（阿里云华南大区副总经理兼首席架构师）

杨 名（阿里巴巴集团浩鲸云计算科技股份有限公司副总裁）

策 划 单 位：中国生产力促进中心协会国际智慧城市研究院
世界城市智慧工程技术（北京）研究院

总 策 划 人：刘玉兰（中国生产力促进中心协会理事长）

总 出 品 人：隆 晨（中国生产力促进中心协会副理事长）

丛 书 总 主 编：吴红辉[中国生产力促进中心协会国际智慧城市研究院院长、
世界城市智慧工程技术（北京）研究院院长、北斗应用技术
公共服务平台广东中心主任]

丛 书 副 主 编：李 波 滕宝红

编 委 会 主 任：吴红辉

编委会执行主任：滕宝红

编委会副主任：李树鹏 蔡文海 王东军 张云逢 胡国平 王文利
刘海雄 徐煌成 张 革 花 香 王利忠 樊宪政
苏秉华 王继业 张燕林 廖光煊 易建军 叶 龙
王锦雷 张晋中 张振环 薛宏建 廖正钢 李东荣
吴鉴南 吴玉林 罗为淑 蔡海伦 董 超 匡仲潇

编 委 会 委 员：于 千 钱泽辉 殷 茵 滕悦然

推荐序

中国生产力促进中心协会策划、组织编写了《智慧城市实践系列丛书》(以下简称《丛书》),该《丛书》被国家新闻出版广电总局纳入了“‘十三五’国家重点图书、音像、电子出版物出版规划”,这是一件很有价值和意义的好事。

智慧城市的建设和发展是我国的国家战略。国家“十三五”规划指出:“要发展一批中心城市,强化区域服务功能,支持绿色城市、智慧城市、森林城市建设和城际基础设施互联互通”;中共中央、国务院发布的《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》以及科技部等八部委印发的《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》均体现出中国对智慧城市建设和发展在政策层面的支持。

《智慧城市实践系列丛书》聚合了国内外大量的智慧城市建设与智慧产业案例,由中国生产力促进中心协会等机构组织国内外近300位来自高校、研究机构、企业的专家共同编撰。《丛书》一共40册(1册《智慧城市实践总论》,39册“智慧城市分类实践”),这本身就是一项浩大的“聚智”工程。该《丛书》注重智慧城市与智慧产业的顶层设计研究,注重实践案例的剖析和应用分析,注重国内外智慧城市建设与智慧产业发展成果的比较和应用参考。《丛书》还注重相关领域新的管理经验并编制了前沿性的分类评价体系,这是一次大胆的尝试和有益的探索。该《丛书》是一套全面、系统地诠释智慧城市建设与智慧产业发展的图书。我期望这套《丛书》的出版可以为推进中国智慧城市建设和智慧产业发展、促进智慧城市领域的国际交流、切实推进行业研究以及指导实践起到积极的作用。

中国生产力促进中心协会以该《丛书》的编撰为基础,专门搭建了“智慧城市研究院”平台,将智慧城市建设与智慧产业发展的专家资源聚集在平台上,持续推动对智慧城市建设与智慧产业的研究,为社会不断贡献成果,这也是一件十分值得鼓励的好事。我期望中国生产力促进中心协会通过持续不断的努力,将该平台建设成为在中国具有广泛影响力的智慧城市研究和实践的智库平台。

“城市让生活更美好，智慧让城市更幸福”，期望《丛书》的编著者“不忘初心，以人为本”，坚守严谨、求实、高效和前瞻的原则，在智慧城市规划建设实践中，不断总结经验、坚持真理、修正错误，进一步完善《丛书》的内容，努力扩大其影响力，为中国智慧城市建设及智慧产业的发展贡献力量，也为“中国梦”增添一抹亮丽的色彩。

中国科学院院士
科技部原部长

李维华

Foreword

China is now poised to become a technological and ecological leader in the world economy. Chinese leaders are laying out global development strategies with their extremely wise vision and thinking. The “Book Series Smart City Practice” (hereinafter referred to as “Book Series”) are published as the key research achievements of the “Chinese National 13th Five-Year Plan” . The project fills the gap in research of smart city worldwide. It is also the leading action to explore and guide the operation of smart cities and industrial practice. The publication of the “Book Series” proves that the vision of author and the leadership of CAPPCC and the International Smart City Research Institute is very strong and focused.

In order to maintain China's ability to thrive and compete in the international marketplace, China must keep pace with a movement that is sweeping the globe. That movement is the evolution of what is being referred to as a Smart City. Chinese Government, as well as the technology researchers and developers, have already started city innovation to avoid failing behind other countries.

The purpose of developing China's Smart City is to promote economic development, to improve environmental conditions and the quality of life of citizens in China. The goal of becoming a Smart Country can only be achieved by building the proper infrastructure in which to build upon. The infrastructure will improve interoperability, security and communication across all segments of Chinese communities. Building the infrastructure will result in an “ Embrace and Replace” solution. The current aging infrastructures will become more efficient and China will be able to realize a lower Total Cost of Ownership (TCO) across all segments.

Once implemented, China will realize a significant increase in the ratio of discretionary budget. The savings created by improved efficiencies in using current infrastructure means leaping economic development can occur without the need for

additional funds to the general budgets.

An essential element of China's development to becoming a Smart Country will be the cooperation between the public and private sectors. Each must share the common objective to reduce the carbon emission. Teamwork will be valued and community pride is instilled. Once this is accomplished, the end result will be an enhancement of the lives of citizens.

I commend the authors that produced this "Book Series", Mr. Wu Honghui, President of International Smart City Research Institute and Mr. Long Chen. By release of this "Book Series", all cities will have a foundation to rely on that will work in unison and achieving the goals of lower carbon emissions, lower overall costs on infrastructure, reduced energy consumption, cleaner environment and a more sustainable life for all Chinese citizens. More importantly, this "Book Series" will be the reference for the smart city industrial and technology development, as well as the model template for practitioners.

Setting a smart city vision and effectively moving towards it with a foundation-based strategy is essential. A systems-based approach is critical to ensuring resource efficiency and security all while maintaining socially and environmentally inclusive growth. With the cooperation between the public and private sectors throughout China, the rewards for China's initiative to transform into a Smart Country will span economic, environmental and social bounds.

The aforementioned efforts allow China to develop in a more sound way and the ultimate benefit will be increased health and living standards for all Chinese citizens. China will be the "Beacon" for the world to referred to when they also want a better life for all.

Michael Holdmann



IEEE/ISO/IEC – 21541 – Member Working Group

UPnP+ – IOT, Cloud and Data Model Task Force

SRII – Global Leadership Board

IPC-2-17 – Data Connect Factory Committee Member

Founder, Chairman & CEO of CYTIOT, INC.

中国正成为世界经济中的技术和生态方面的领导者。中国的领导人以极其睿智的目光和思想布局着全球发展战略。《智慧城市实践系列丛书》(以下简称《丛书》)以中国国家“十三五”规划的重点研究成果的方式出版,这项工程填补了世界范围内的智慧城市研究的空白,也是探索和指导智慧城市与产业实践的一个先导行动。本《丛书》的出版体现了编著者们、中国生产力促进中心协会以及国际智慧城市研究院的强有力的智慧洞见。

为了保持中国在国际市场的蓬勃发展和竞争能力,中国必须加快步伐跟上这场席卷全球的行动。这一行动便是被称作“智慧城市进化”的行动。中国政府和技术研发与实践者已经开始了有关城市的革命,不然就有落后于其他国家的风险。

发展中国智慧城市的目的是促进经济发展,改善环境质量和民众的生活质量。建设智慧城市的目标只有通过建立适当的基础设施才能实现。该基础设施将改善中国社会所有领域的互动操作性、安全性和通信情况。建立此基础设施将带来一个“融合和替代”的解决方案。通过此解决方案,目前已老化的基础设施将重新焕发活力,中国将能够实现在各个环节的更低的所有权总成本(TCO)。

一旦实施智慧城市建设,中国将实现自由支配预算的比例大幅增加。提高当前基础设施的利用率所带来的节余,意味着在无需向预算内投入额外资金的情况下,经济仍可能会实现飞跃性发展。

中国成为智慧国家的一个重要因素是加大国有与私有企业之间的合作。它们都须有共同的目标,以减少碳排放。团队合作将会被高度评价,社区荣誉也将逐步深入人心。一旦成功,民众的生活质量和幸福程度将得到很大的提升。

我对该《丛书》的编著者们极为赞赏,他们包括国际智慧城市研究院院长吴红辉先生及其团队、中国生产力促进中心协会的 leader 隆晨先生。通过该《丛书》

的发行，所有的城市都将拥有一套协同工作的基础，从而实现更低的碳排放、更低的基础设施总成本以及更低的能源消耗，拥有更清洁的环境，所有中国民众将过上更可持续发展的生活。更重要的是，该《丛书》还将成为智慧产业及技术发展可参考的系统依据以及从业者可以学习的范本。

设立一个智慧城市的建设愿景，并基于此有效地推进的战略是必不可少的。一个基于系统的方法是至关重要的，可以确保资源使用的效率和安全性，同时促进环境友好型社会的发展。随着中国政府和私有企业的合作，中国将跨越经济、环境和社会的界限，成为一个智慧国家。

上述努力会让中国以一种更完善的方式发展，最终的益处是国家不断繁荣，所有中国民众的生活水平不断提升。中国将是世界上所有想要更美好生活的国家所参照的“灯塔”。

迈克尔·侯德曼

IEEE/ISO/IEC - 21451 - 工作组成员

UPnP+ - IOT, 云和数据模型特别工作组成员

SR II - 全球领导力董事会成员

IPC-2-17- 数据连接工厂委员会成员

CYTIOT 公司创始人兼首席执行官



信息与能源是智慧城市两大关键要素。信息与能源两大要素支撑智慧城市在经济、政务、环保及公共服务等方面的建设。智慧城市的发展需要以能源为保障,提高能源利用效率,实现智慧城市的低碳高效、可持续发展;以信息为核心,依托智能化手段,实现智慧城市的运营管理,提高居民幸福指数。

电力能源在城市发展进程中发挥着重要作用,支撑着城市智能化演变,是城市发展的重要基础。作为主要的能源载体,智能电网在促进城市绿色发展、确保城市用电安全可靠、构建城市神经系统、拉动城市相关产业发展以及在丰富城市服务内涵等方面,对城市智能化发挥着巨大的推动作用。

智慧电网(又称智能电网),是以特高压电网为骨干网架、以各级电网协调发展的坚强电网为基础,实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合,是坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放和友好互动的现代电网。智慧电网通过能源与信息的综合配置,能够实现对智慧城市发展的基础支撑,这与智慧城市满足能源和信息需求的发展要素高度契合。

国家发展和改革委员会、国家能源局发布的《关于促进智能电网发展的指导意见(发改运行〔2015〕1518号)》指出:“坚持统筹规划、因地制宜、先进高效、清洁环保、开放互动、服务民生等基本原则,深入贯彻落实国家关于实现能源革命和建设生态文明的战略部署,加强顶层设计和统筹协调;推广应用新技术、新设备和新材料,全面提升电力系统的智能化水平;全面体现节能减排和环保要求,促进集中与分散的清洁能源开发消纳;与智慧城市发展相适应,构建友好开放的综合服务平台,充分发挥智慧电网在现代能源体系中的关键作用。发挥智慧电网的科技创新和产业培育作用,鼓励商业模式创新,培育新的经济增长点。”

发展智慧电网,有利于进一步提高电网接纳和优化配置多种能源的能力,实

现能源生产和消费的综合调配；有利于推动清洁能源、分布式能源的科学利用，从而全面构建安全、高效、清洁的现代能源保障体系；有利于支撑新型工业化和新型城镇化建设，提高民生服务水平；有利于带动上下游产业转型升级，实现我国能源科技和装备水平的全面提升。

基于此，我们从理论上、政策上、专业上及实用性、实操性几个方面着手编写了《智慧电网实践》，供从事智慧电网实践的各级管理人员、相关从业人员、企业负责人认真阅读和使用参考。

本书分三篇，第一篇是理论篇、第二篇是路径篇、第三篇是案例篇，全书把智慧电网实践的理论和法规通过流程、图、表形式呈现，讲解通俗易懂，可以快速掌握重点，同时避免了晦涩难懂的理论归纳。

通过阅读本书，读者可以切身体会到智慧电网建设构成的方方面面以及我国在智慧电网领域的努力方向及建设思路。

智慧电网建设的政府管理者通过阅读本书，能系统全面地了解如何进行智慧电网建设的架构设计、系统规划、实现途径。

智慧电网建设企业及方案提供商、设备供应商的管理者通过阅读本书可以更系统地了解智慧电网建设的各个方面以及如何落实和在实际中的应用。

智慧城市与智慧电网的研究者通过阅读本书，可以系统地了解智慧城市的各个领域以及智慧电网建设的最新实践成果。

智慧城市、智慧电网相关专业的大学生、研究生通过阅读本书，可以系统学习智慧电网的知识体系及目前国内外智慧电网应用的最新动态。

本书在编辑整理的过程中，获得了职业院校、电力公司、企业一线电力人员的帮助和支持，在此向他们表示感谢！由于编者水平有限，错误疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。同时，部分图片与文字内容引自互联网媒体，由于时间比较紧，未能一一与原作者进行联系，请原作者看到本书后及时与编者联系，以便表示感谢并支付稿酬。



第一篇 理论篇

第1章 智慧电网概述	3
1.1 何谓智慧电网	4
1.1.1 智慧电网的定义	4
1.1.2 智慧电网的结构	7
1.1.3 智慧电网的特征	9
1.2 智慧电网概念发展里程碑	9
1.2.1 IBM的“智慧电网”解决方案	10
1.2.2 奥巴马上任后提出的能源计划	11
1.2.3 互动电网概念的提出	11
1.3 传统电网到智慧电网的转变	12
1.3.1 电网的环节	12
1.3.2 传统电网的运营	13
1.3.3 智慧电网的运营	13
1.3.4 智慧电网与传统电网的区别	14
1.4 智慧电网的绿色化与信息化	16
1.4.1 智慧电网的绿色化	16

1.4.2	智慧电网信息化	16
1.5	智慧电网实现的技术支撑	17
1.5.1	物联网技术	17
1.5.2	云计算技术	24
1.5.3	大数据技术	27
1.5.4	“互联网+”技术	31
1.5.5	ICT信息通信技术	37
第2章	智慧电网发展	39
2.1	世界各国智慧电网的发展	40
2.1.1	美国智慧电网的发展	40
2.1.2	欧洲各国智慧电网发展模式	44
2.1.3	日本智慧电网发展模式	49
2.1.4	智慧电网在其他国家的发展	51
2.2	我国智慧电网发展的现状	52
2.2.1	我国智慧电网建设的阶段	52
2.2.2	智能电网各个环节的目标	53
2.3	我国智慧电网存在的问题	56
2.3.1	电力与资源配置不平衡	57
2.3.2	新能源接入与控制不足	57
2.3.3	智慧电网技术应用不够完善	58
2.3.4	缺乏与客户的智慧互动	58
2.4	我国智慧电网的发展趋势	59
2.4.1	可再生能源在智慧电网中的应用	59
2.4.2	电网的结构和运行模式将发生重大变化	60
2.4.3	新材料技术将在电网中得到广泛的应用	61
2.4.4	物理电网将与信息系统高度融合	62

第二篇 路径篇

第3章 智慧电网的顶层设计	69
3.1 国家对智慧电网的政策支持	70
3.1.1 《电力发展“十三五”规划》（2016—2020年）	70
3.1.2 《关于促进智慧电网发展的指导意见》	75
3.1.3 《关于开展分布式发电市场化交易试点的通知》	79
3.2 各省市对智慧电网的制度安排	80
3.2.1 《安徽省电网发展规划（2017—2021年）》	80
3.2.2 《江苏省政府办公厅关于促进智慧电网发展的实施意见》	82
3.2.3 广东省“互联网+”行动计划	84
3.2.4 《山东省电力发展“十三五”规划》	85
3.3 坚强智慧电网	86
3.3.1 一个目标	87
3.3.2 两条主线	88
3.3.3 三个阶段	88
3.3.4 四个体系	88
3.3.5 五个内涵	89
3.3.6 六个环节	90
第4章 智慧电网的重点领域	93
4.1 智慧电网重点技术与领域研究的必要性	94
4.1.1 高压交直流输电技术	94
4.1.2 先进储能技术、电力电子等技术	94
4.1.3 可再生能源方面的技术	94

4.1.4 其他技术	95
4.2 智慧电网原始创新和集成创新分析	95
4.3 智慧电网的重点技术方向	95
4.3.1 智慧输变电技术	95
4.3.2 智慧配电技术	96
4.3.3 智慧用电技术	97
4.3.4 信息与通信技术	97
4.3.5 新能源技术	98
4.3.6 新材料应用技术	99
4.3.7 智慧调度技术	99
4.3.8 分布式能源接入技术	100
4.4 智慧电网的重点领域	100
4.4.1 先进的储能系统	100
4.4.2 参考量测设备	100
4.4.3 电力电子技术	101
4.4.4 电动汽车	102
4.4.5 智慧家居与智慧家电	102

第5章 智慧电网设备运营管理 105

5.1 智慧电网的设备	106
5.1.1 电力设备	106
5.1.2 电力设备分类	106
5.1.3 智慧电网对电力设备的要求	108
5.1.4 电力设备检修	109
5.2 智慧输变电系统	110
5.2.1 智慧变电站	110
5.2.2 智慧变电站系统的特性	112
5.2.3 智慧变电站系统功能	113
5.3 智慧开关设备	115
5.3.1 智慧高压开关设备的信息化建模	116