



中国智能城市建设与推进战略研究丛书
Strategic Research on Construction and
Promotion of China's iCity

中国 智能电网 与智能能源网 发展战略研究

中国智能城市建设与推进战略研究项目组 编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

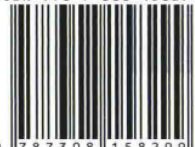
浙江大学出版社



本书基于中国工程院重大咨询研究项目“中国智能城市建设与推进战略研究”的研究成果，有来自地方政府、高等院校、研究机构、企事业单位、医疗机构等47位相关领域的院士和180多位专家直接参与。

本书首次以“智能城市”为主题全面深入研究，系统地分析了面向2030年我国在智能城市方面的战略规划，具有前瞻性、战略性、指导性的重要意义，拟为国家相关重大决策（如“十三五”发展战略和“中国制造2025”）提供重要的科学支撑，成为政府决策、行业参考的依据之一。

ISBN 978-7-308-15829-9



9 787308 158299 >

定价：89.00元



中国智能城市建设与推进战略研究丛书
Strategic Research on Construction and
Promotion of China's iCity

中国 智能电网 与智能能源网 发展战略研究

中国智能城市建设与推进战略研究项目组 编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国智能电网与智能能源网发展战略研究 / 中国智能城市建设与推进战略研究项目组编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2016. 5

(中国智能城市建设与推进战略研究丛书)

ISBN 978-7-308-15829-9

I. ①中… II. ①中… III. ①智能控制—电网—发展战略—研究—中国②智能控制—能源—网络系统—发展战略—研究—中国 IV. ①TM76②TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第101005号

中国智能电网与智能能源网发展战略研究

中国智能城市建设与推进战略研究项目组 编

出品人 鲁东明

策 划 徐有智 许佳颖

责任编辑 伍秀芳 (wxftw@zju.edu.cn)

责任校对 杨利军 郝 娇

装帧设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 浙江印刷集团有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 13

字 数 192千

版 次 2016年5月第1版 2016年5月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-15829-9

定 价 89.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

“城市智能电网与智能能源网 发展战略咨询研究” 课题组

课题组组长

余贻鑫	天津大学	院士
岑可法	浙江大学	院士

课题组成员

贾宏杰	天津大学	教授
倪明江	浙江大学	教授
骆仲泱	浙江大学	教授
王守相	天津大学	教授
池 涌	浙江大学	教授
俞自涛	浙江大学	教授
曾 沅	天津大学	副教授
董 宏	浙江大学	研究员
赵金利	天津大学	副教授
陈玲红	浙江大学	副教授
郭 力	天津大学	副教授
范利武	浙江大学	研究员
刘 洪	天津大学	副教授

序

“中国智能城市建设与推进战略研究丛书”，是由 47 位院士和 180 多名专家经过两年多的深入调研、研究与分析，在中国工程院重大咨询研究项目“中国智能城市建设与推进战略研究”的基础上，将研究成果汇总整理后出版的。这套系列丛书共分 14 册，其中综合卷 1 册，分卷 13 册，由浙江大学出版社陆续出版。综合卷主要围绕我国未来城市智能化发展中，如何开展具有中国特色的智能城市建设与推进，进行了比较系统的论述；分卷主要从城市经济、科技、文化、教育与管理，城市空间组织模式、智能交通与物流，智能电网与能源网，智能制造与设计，知识中心与信息处理，智能信息网络，智能建筑与家居，智能医疗卫生，城市安全，城市环境，智能商务与金融，智能城市时空信息基础设施，智能城市评价指标体系等方面，对智能城市建设与推进工作进行了论述。

作为“中国智能城市建设与推进战略研究”项目组的顾问，我参加过多次项目组的研究会议，也提出一些“管见”。总体来看，我认为在项目组组长潘云鹤院士的领导下，“中国智能城市建设与推进战略研究”取得了重大的进展，其具体成果主要有以下几个方面。

20 世纪 90 年代，世界信息化时代开启，城市也逐渐从传统的二元空间向三元空间发展。这里所说的第一元空间是指物理空间（P），由城市所处物理环境和城市物质组成；第二元空间指人类社会空间（H），即人类决策与社会交往空间；第三元空间指赛博空间（C），即计算机和互联网组成的“网络信息”空间。城市智能化是世界各国城市发展的大势所趋，只是各国城市发展阶段不同、内容不同而已。目前国内外提出的“智慧城市”建设，主要集中于第三元空间的营造，而我国城市智能化应该是“三元空间”彼此协调，使规划与产业、生活与社交、社会公共服务三者彼此交融、相互促进，应该是超越现有电子政务、数字城市、网络

城市和智慧城市建设的理念。

新技术革命将促进城市智能化时代的到来。关于新技术革命，当今世界有“第二经济”“第三次工业革命”“工业 4.0”“第五次产业革命”等论述。而落实到城市，新技术革命的特征是：使新一代传感器技术、互联网技术、大数据技术和工程技术知识融入城市的各系统，形成城市建设、城市经济、城市管理和公共服务的升级发展，由此迎来城市智能化发展的新时代。如果将中国的城镇化（城市化）与新技术革命有机联系在一起，不仅可以促进中国城市智能化进程的良性健康发展，还能促使更多新技术的诞生。中国无疑应积极参与这一进程，并对世界经济和科技的发展作出更巨大的贡献。

用“智能城市”（Intelligent City, iCity）来替代“智慧城市”（Smart City）的表述，是经过项目组反复推敲和考虑的。其原因是：首先，西方发达国家已完成城镇化、工业化和农业现代化，他们所指的智慧城市的主要任务局限于政府管理与服务的智能化，而且其城市管理者的行政职能与我国市长的相比要狭窄得多；其次，我国正处于工业化、信息化、城镇化和农业现代化“四化”同步发展阶段，遇到的困惑与问题在质和量上都有其独特性，所以中国城市智能化发展路径必然与欧美有所不同，仅从发达国家的角度解读智慧城市，将这一概念搬到中国，难以解决中国城市面临的诸多发展问题。因而，项目组提出了“智能城市”（iCity）的表述，希冀能更符合中国的国情。

智能城市建设与推进对我国当今经济社会发展具有深远意义。智能城市建设与推进恰好处于“四化”交汇体上，其意义主要有以下几个方面。一是可作为“四化”同步发展的基本平台，成为我国经济社会发展的重要抓手，避免“中等收入陷阱”，走出一条具有中国特色的新型城镇化（城市化）发展之路。二是把智能城市作为重要基础（点），可促进“一带一路”（线）和新型区域（面）的发展，构成“点、线、面”的合理发展布局。三是有利于推动制造业及其服务业的结构升级与变革，实现城市产业向集约型转变，使物质增速减慢，价值增速加快，附加值提高；有利于各种电子商务、大数据、云计算、物联网技术的运用与集成，实现信息与网络技术“宽带、泛在、移动、融合、安全、绿色”发展，促

进城市产业效率的提高，形成新的生产要素与新的业态，为创业、就业创造新条件。四是从有限信息的简单、线性决策发展到城市综合系统信息的网络化、优化决策，从而帮助政府提高城市管理服务水平，促进深化城市行政体制改革与发展。五是运用新技术使城市建筑、道路、交通、能源、资源、环境等规划得到优化及改善，提高要素使用效率；使城市历史、地貌、本土文化等得到进一步保护、传承、发展与升华；实现市民健康管理从理念走向现实等。六是可以发现和培养一批适应新技术革命趋势的城市规划师、管理专家、高层次科学家、数据科学与安全专家、工程技术专家等；吸取过去的经验与教训，重视智能城市运营、维护中的再创新（Renovation），可以集中力量培养一批基数庞大、既懂理论又懂实践的城市各种功能运营维护工程师和技术人员，从依靠人口红利，逐渐转向依靠知识与人才红利，支撑我国城市智能化健康、可持续发展。

综上所述，“中国智能城市建设与推进战略研究丛书”的内容丰富、观点鲜明，所提出的发展目标、途径、策略与建议合理且具可操作性。我认为，这套丛书是具有较高参考价值的城市管理创新与发展研究的文献，对我国新型城镇化的发展具有重要的理论意义和应用实践价值。相信社会各界读者在阅读后，会有很多新的启发与收获。希望本丛书能激发大家参与智能城市建设的热情，从而提出更多的思考与独到的见解。

我国是一个历史悠久、农业人口众多的发展中国家，正致力于经济社会又好又快又省的发展和新型城镇化建设。我深信，“中国智能城市建设与推进战略研究丛书”的出版，将对此起到积极的、具有正能量的推动作用。让我们为实现伟大的“中国梦”而共同努力奋斗！

是为序！

徐匡迪

2015年1月12日

前言

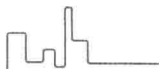
2008年,IBM提出了“智慧地球”的概念,其中“Smart City”即“智慧城市”是其组成部分之一,主要指3I,即度量(Instrumented)、联通(Interconnected)、智能(Intelligent),目标是落实到公司的“解决方案”,如智慧的交通、医疗、政府服务、监控、电网、水务等项目。

2009年年初,美国总统奥巴马公开肯定IBM的“智慧地球”理念。2012年12月,美国国家情报委员会(National Intelligence Council)发布的《全球趋势2030》指出,对全球经济发展最具影响力的四类技术是信息技术、自动化和制造技术、资源技术以及健康技术,其中“智慧城市”是信息技术内容之一。《2030年展望:美国应对未来技术革命战略》报告指出,世界正处在下一场重大技术变革的风口浪尖上,以制造技术、新能源、智慧城市为代表的“第三次工业革命”将在塑造未来政治、经济和社会发展趋势方面产生重要影响。

在实施《“i2010”战略》后,2011年5月,欧盟Net!Works论坛出台了*Smart Cities Applications and Requirements*白皮书,强调低碳、环保、绿色发展。之后,欧盟表示将“Smart City”作为第八期科研架构计划(Eighth Framework Programme, FP8)重点发展内容。

2009年8月,IBM发布了《智慧地球赢在中国》计划书,为中国打造六大智慧解决方案:智慧电力、智慧医疗、智慧城市、智慧交通、智慧供应链和智慧银行。2009年,“智慧城市”陆续在我国各层面展开,截至2013年9月,我国总计有311个城市在建或欲建智慧城市。

中国工程院曾在2010年对“智慧城市”建设开展过研究,认为当前我国城市发展已经到了一个关键的转型期,但由于国情不同,“智慧城市”建设在我国还存在一定问题。为此,中国工程院于2012年2月启动了重大咨询研究项目“中国智能城市建设与推进战略研究”。自项目开展



以来，很多城市领导和学者都表现出浓厚的兴趣，希望投身到智能城市建设的研究与实践中来。在各界人士的大力支持以及中国工程院“中国智能城市建设与推进战略研究”项目组院士和专家们的努力下，我们融合了三方面的研究力量：国家有关部委（如国家发改委、工信部、住房和城乡建设部等）专家，典型城市（如北京、武汉、西安、上海、宁波等）专家，中国工程院信息与电子工程学部、能源与矿业工程学部、环境与轻纺工程学部、工程管理学部以及土木、水利与建筑工程学部等学部的 47 位院士及 180 多位专家。研究项目分设了 13 个课题组，涉及城市基础设施建设、信息、产业、管理等方面。另外，项目还设 1 个综合组，主要任务是在 13 个课题组的研究成果基础上，综合凝练形成“中国智能城市建设与推进战略研究丛书”综合卷。

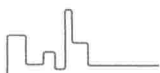
两年多来，研究团队经过深入现场考察与调研、与国内外专家学者开展论坛和交流、与国家主管部门和地方主管部门相关负责同志座谈以及团队自身研究与分析等，已形成了一些研究成果和研究综合报告。研究中，我们提出了在我国开展智能城市（Intelligent City，iCity）建设与推进会更加适合中国国情。智能城市建设将成为我国深化体制改革与发展的促进剂，成为我国经济社会发展和实现“中国梦”的有力抓手。

第1章 城市智能电网与智能能源网发展的背景与内涵

- 一、发展背景 / 3
- 二、城市智能电网与智能能源网内涵 / 5
 - (一) 城市智能电网 / 5
 - (二) 城市智能能源网 / 11

第2章 城市智能电网

- 一、国内外城市电网发展现状 / 23
 - (一) 美国 / 23
 - (二) 欧洲 / 24
 - (三) 日本 / 25
 - (四) 东南亚 / 26
 - (五) 其他国家 / 27
 - (六) 中国 / 28
- 二、城市智能电网发展需求分析 / 29
 - (一) 具有自愈能力 / 30
 - (二) 能够提供更高质量的电能 / 38
 - (三) 支持分布式电源的大量接入 / 44
 - (四) 优化配电管理 / 51
 - (五) 支持与用户互动 / 57
 - (六) 实现用电智能化 / 59
- 三、构建城市智能电网的关键技术 / 60
 - (一) 城市智能电网技术组成 / 60
 - (二) 城市智能电网实施的预期效益 / 69



(三) 城市智能电网建设的研发重点 / 71

(四) 城市智能电网关键技术的具体实践 / 80

四、重要启示 / 102

第3章 城市智能能源网

一、各国城市能源网发展现状 / 107

(一) 美国 / 107

(二) 欧盟 / 109

(三) 日本 / 116

(四) 新加坡 / 119

(五) 中国 / 120

二、城市智能能源网发展需求分析 / 122

(一) 发展需求分析 / 122

(二) 建设能力分析 / 132

(三) 发展愿景 / 134

三、构建城市智能能源网的关键技术 / 134

(一) 智能能源监测控制平台 / 134

(二) 余热分级利用技术(热力) / 141

(三) 先进的水循环及再利用技术(水务) / 145

(四) 绿色节能建筑技术 / 148

(五) 废物循环利用技术(排污) / 153

(六) 生物质能源利用技术 / 155

(七) 太阳能发电技术 / 159

(八) 多源热泵多联产系统 / 166

(九) 垃圾追踪系统 / 170

(十) 能源分配与优化 / 172

(十一) 能源信息法规建设和完善 / 176

四、重要启示 / 178

第4章 城市智能电网与智能能源网发展战略和相关建议

一、城市智能电网发展战略和相关建议 / 183

(一) 提高配电资产利用率和供电可靠性 / 183

(二) 加强分布式可再生能源发电研究 / 184

(三) 实施灵活的电价政策 / 185

(四) 加强城市配电网智能化 / 185

(五) 制定鼓励城市智能能源网发展的相关政策 / 186

(六) 我国城市智能电网建设中应予重点关注的问题 / 186

二、城市智能能源网发展战略和相关建议 / 187

(一) 应明确发展目标和智能网络框架 / 187

(二) 政府应充分发挥引领作用 / 188

(三) 尽快建立智能社区，形成示范效应 / 189

(四) 加强基础信息网络的建设和现有子网的改革 / 190

(五) 加快发展新能源技术规模化发展 / 190

(六) 引导企业和高校参与智能能源网的建设 / 191

(七) 加强智能能源网建设中的伦理教育 / 191

(八) 坚定贯彻以人为本的方针，提高人们的生活质量 / 192

(九) 落实产业落地，解决就业问题 / 192

索 引 / 193

第1章

iCity

城市智能电网与智能
能源网发展的背景与内涵



一、发展背景

在过去的一个世纪中，化石能源已经成为推动经济发展不可或缺的能源动力。进入 21 世纪，随着化石能源的日益枯竭以及全球气候问题的日益突出，工业化革命以来的高碳经济发展模式已经受到了重大挑战。低碳经济发展模式正在对现有的生产生活方式进行着根本性的变革，这种变革对全球政治、经济、能源等发展格局产生了深刻的影响。在这场变革中，能源行业处于整个变动的第一环。电力是现代社会中不可替代的能源利用方式。伴随着社会经济技术水平的提高，电力系统的规模、作用和地位都发生了深刻的变化。目前，电力系统已经成为现代经济发展和社会进步的重要基础和保障，是国家能源安全的重要组成部分。

根据国家统计局发布的十八大以来我国能源发展状况相关报告，2015 年全国能源消费总量为 43×10^8 tce（吨标准煤），比 2012 年增长 6.9%，年均增幅为 2.3%。如此巨大的能耗使得我国的能源安全面临着巨大挑战。同时，随着国家大力发展新能源的号召，新能源并网带来的调峰问题和电网适应性不够的问题也是电力供应所要考虑的。调峰不仅仅是电力面临的问题，水、气都有调峰需求。近年来，南方地区频繁爆发的天然气荒等能源荒，很大程度上是中国对天然气调峰能力的不足造成的。天然气供应的峰谷差问题也日渐严峻，成为影响天然气供应安全的一大难题。

面对未来世界范围内的节能减排、环境保护和可持续发展的要求，电力系统将担负起愈来愈重要的责任。回顾电力系统的发展史，经济社会发展对电力的需求是电力系统发展的不竭动力，而技术的进步则起到了关键性的推动作用。进入 21 世纪



以来，国内外电力企业、研究机构和学者针对未来电网的发展模式开展了一系列研究与实践，智能电网理念逐步萌发成形。近年来，欧美国家已经将发展智能电网逐步上升到国家战略层面，成为国家经济发展和能源政策的重要组成部分。

2010年6月7日，胡锦涛总书记在院士大会上讲道：“当今世界，各国都在积极追求绿色、智能、可持续的发展。绿色发展，就是要发展环境友好型产业，降低能耗和物耗，保护和修复生态环境，发展循环经济和低碳技术，使经济社会发展与自然相协调。智能发展，就是要推进信息化与工业化融合，不断创造新的经济增长点、新的市场、新的就业形态，提高社会运行效率，实现互联互通、信息共享、智能处理、协同工作。可持续发展，就是要解决好经济社会发展的能源资源约束，有效保证发展对能源资源的需求，不仅要造福当代人，而且要使子孙后代永续发展。”他同时指出，当前要重点在推动八项科技发展上作出努力，争取尽快取得突破性进展。其中第一点就是要“大力发展能源资源开发利用科学技术。要坚持系统谋划、节能优先、创新替代、循环利用、绿色低碳、安全持续，加强对我国能源资源问题的研究，制定我国可持续发展路线图。要发展资源勘探开发和高效利用技术，积极发展大陆架和地球深部能源资源勘查和开发，积极发展可再生能源和新型、安全、清洁替代能源，形成可持续的能源资源体系，切实保障我国能源资源有效供给和高效利用，使我国能源资源产业具有国际竞争力。要发展节能建筑、轨道交通、电动汽车技术，加强煤的清洁高效综合利用、煤转天然气、煤制重要化学品技术研发，构建覆盖城乡的智能、高效、可靠的电网体系”。

2010年3月“两会”期间，温家宝总理在《政府工作报告》中也指出，要“大力开发低碳技术，推广高效节能技术，积极发展新能源和可再生能源，加强智能电网建设”。智能电网首次被写入《政府工作报告》。

2011年，“国家‘十二五’中国智能能源网发展模式和实施方案课题组”在北京成立，意味着中国正式开始筹备智能能源网。同年，我国正式发布了泛在绿色社区控制网络国际标准 IEEE 1888，标志着我国在主导制定“智慧