

钱学森智库纵论智慧城市

On Smart City by Hsue-shen Tsien Think Tank

薛惠锋 顾升高 康熙瞳等 著



科学出版社

钱学森智库纵论智慧城市

On Smart City by Hsue-shen T sien Think Tank

薛惠锋 顾升高 康熙瞳等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

智慧城市是当今世界发达国家推进战略性新兴产业和城市信息化进程中的前沿理念和探索实践,是我国新一轮城市发展与转型的客观要求,也是提升城市品质和竞争力的必然途径。智慧城市建设是一项复杂的系统工程,本书运用钱学森智库思想,提出“十智”模型,从全局视角对智慧城市建设涉及的各个方面统筹设计。对利用系统工程方法建设智慧城市提出了独特见解,重点介绍了钱学森智库指导智慧城市建设的新方法、新体系、新实践,内容涵盖智慧城市建设的理论、技术、应用等各个层面,可以切实有效地指导智慧城市建设。

本书主要面向从事智慧城市开发、建设、管理的政府和企事业单位管理人员与技术人员,以及对智慧城市建设方法论感兴趣的广大读者。

图书在版编目(CIP)数据

钱学森智库纵论智慧城市 / 薛惠锋等著. —北京: 科学出版社, 2017. 8
ISBN 978-7-03-054261-8

I. 钱… II. 薛… III. 现代化城市—城市建设—研究 IV. C912. 81
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 204635 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 李轶冰 / 责任校对: 彭 涛
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 8 月第一次印刷 印张: 22 插页: 2

字数: 335 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

由国家自然科学基金重点项目“面向智慧城市的水资源多元数据融合与建模方法研究”（U1501253）、广东省省级科技计划项目“水资源大数据综合应用平台研发及产业化”（2016B010127005）支持。

《钱学森智库纵论智慧城市》 撰写委员会

主 笔 薛惠锋 顾升高 康熙瞳

成 员 (按汉语拼音排序)

艾纯健	陈 漠	范 承	葛 慧	贾福凯
贾之楠	靳 骁	经小川	李 宁	李慧丽
李雪巍	栾焙壹	马 锐	牛景涛	齐俊鹏
吴 丹	谢 雪	石 亮	王国顺	王继伟
王若冰	王叶茵	辛晓杰	闫陈静	余 杰
占 敏	张 伟			

序 一

中国经济转型期，建设智慧城市渐成风潮，正在被赋予越来越重要的意义。目前全球有 1000 多个城市正在推动智慧城市建设，其中亚太地区以中国为首。经过 5 年多的建设探索，智慧城市已经成为中国城市发展的标配，从特大城市到特色小镇，基本上都能看到“智慧”的身影。两年前，我应邀参加“2015 中国（北京）智慧城市院士论坛”，就“互联网+智慧城市”主题与院士专家展开交流研讨，大家一致认为，智慧城市建设应该从顶层设计的角度，破解一系列制度性、技术性的难题。时至今日，中国智慧城市建设已由概念转为具体落实，开始进入高速发展期。尽管形势一片大好，但顶层设计不足、信息烟囱、智慧孤岛、安全隐患、基础薄弱等一系列问题亟待深入解决，智慧城市建设道路还很漫长，需要在理论、方法、技术、应用等多个层面上对智慧城市建设开展更为深入的探索和实践。

智慧城市属于一类典型的开放复杂巨系统，在研究方法和路径上，需要运用系统工程理论和方法，从更高起点进行布局和设计。目前，国内出版的智慧城市方面的著作很多，但如何有效解决智慧城市这一开放的复杂巨系统问题，相关书籍不多。适逢此时，欣闻中国航天系统科学与工程研究院院长薛惠锋主笔的《钱学森智库纵论智慧城市》即将出版。该书运用钱学森系统工程方法理论，将系统思维方式和现代科技综合集成技术手段紧密结合，充分考虑各层次、各领域要素，构建了智慧城市系统“十智”模型，结合应用天空地一体化感知与传输等航天先进技术，系统

钱学森智库纵论智慧城市

地从体系、方法、技术、应用层面论述了智慧城市这一复杂巨系统，视角独特，体系完整，内容丰富，实战性强。

我认为该书是一本适时的、难得的将钱学森智库体系、理论、方法与技术集中应用于智慧城市建设的书籍，既有理论高度，又兼具科普性与实践性。期望该书的出版对我国智慧城市建设事业起到积极的推动作用。

中国工程院院士

张履谦

2017年6月

序 二

近年来，随着全球物联网、新一代移动宽带网络、下一代互联网、云计算等新一轮信息技术的迅速发展和深入应用，信息化建设正酝酿着重大变革和新的突破，向更高阶段的智慧化迈进已成为必然趋势。绿色革命和智慧革命是后国际金融危机时代科技革新的大趋势，是改变人类生产生活方式的大变革，也是走中国特色新型城市化道路的大战略。因此，不失时机地把握智慧革命的契机，顺时应势，以智慧城市建设为依托，在数字中国的基础上，推进信息化与工业化、城市化的深度融合，构建智慧融合、创意无限的智慧城市，既是实现全面小康、加快迈向现代化的重要战略，也是亟待各方深入研究并探索实践的重要课题。

城市是国家治理体系的关键环节，承载着人民对更美好生活的期盼。随着国家治理体系和治理能力现代化的不断推进，随着“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念的全面贯彻，城市被赋予了新的内涵，对智慧城市建设提出了新的要求，以城市治理与新一轮信息技术深度融合为代表的智慧城市建设，已经成为国家现代化建设的迫切需求。在全面调查和摸清全国智慧城市建设情况的基础上，面对智慧城市建设遇到的新挑战和新要求，中央网络安全和信息化领导小组办公室进一步完善了智慧城市的概念，即智慧城市建设以为民服务全程全时、城市治理高效有序、数据开放共融共享、经济发展绿色开源、网络空间安全清朗为主要目标，通过体系规划、信息主导、改革创新，推进新一代信息技术与城市现代化深度融合、迭代演进，实现国家与城市协调发展。作为新时期中国经济的引擎，智慧城市建设意义重大，但仍然面临诸多难题，比如信息孤岛、隐私安全

等问题。

智慧城市是一个复杂巨系统，需要遵循体系建设规律，运用系统工程方法，构建开放的体系架构，通过强化共用、整合通用、开放应用的思想，指导各类新型智慧城市的建设和发展。但是国内关于利用复杂巨系统理论解决智慧城市建设问题的书籍相对较少，缺乏理论与实践指导。面对这样的缺失，由中国航天系统科学与工程研究院组织牵头，院长薛惠锋主持撰写了《钱学森智库纵论智慧城市》一书。

中国航天系统科学与工程研究院是系统工程的发生地，组织开展了“口述钱学森工程”“群星灿烂工程”等重大项目，曾在人民大会堂隆重举行了钱学森归国60周年纪念大会，举办过多期反响巨大的“钱学森论坛”，打造了一整套系统工程理论和工具体系，奠定了该院作为钱学森智库的不可或缺、无法撼动的地位。同时，中国航天系统科学与工程研究院具备天空地一体化通信集成能力，卫星导航、遥感、通信综合应用能力，并将其成功运用到智慧城市、智慧园区、智慧工厂等智慧系列专项中，推动了我国安监、环保、政务、应急等多个领域治理模式的创新。在这么多年大量的系统工程、智慧城市的研究和实践工作中，该院总结归纳出了在新的形势下，利用系统工程理论方法指导智慧城市建设的新常态、新思路，借用人体科学相关要素概念，创新性地提出了智慧城市系统“十智”模型，更加清晰地辨析了智慧城市这一复杂系统中要素的作用及关系；并结合自身航天技术优势，阐述了智慧城市建设关键技术，分析了智慧城市建设实践案例，从多个层面解决了智慧城市复杂巨系统问题。

该书从全新的角度解读了智慧城市建设问题，内容新颖翔实，阐述深入浅出，理论联系实际，不仅对于城市管理者开展工作具有指导意义，而且对于每一个智慧城市建设者都有重要启发，值得每一个关注智慧城市未来发展的同志研读和思考。我相信，该书必将成为我国利用系统工程理论解决智慧城市建设问题的首创，也必将从顶层设计、顶层指导的高度推进我国智慧城市的建设与发展。

中国科学院院士

姚建铨

2017年6月

目 录

序一

序二

总论	1
坚守“智慧之愿”——惠民、善政、开放、绿色、安全	1
破解“智慧之困”——开放的复杂巨系统理论	2
搭建“智慧之体”——未来城市“十智”模型	6
第一章 智魂	9
第一节 物理城市，人工连通万物	10
第二节 数字城市，精准映射现实	16
第三节 信息城市，全面感知态势	26
第四节 智能城市，科学预见未来	30
第五节 智慧城市，实时决策指挥	37
第二章 智脑	43
第一节 思想体系，夯实理论根基	44
第二节 数据体系，完善决策证据	49
第三节 网信体系，获取全面态势	57
第四节 模型体系，实现仿真推演	62
第五节 专家体系，集成专家经验	70

第六节	决策体系，便捷人机交互	74
第三章	智眼	81
第一节	天基感知，全球性观测	81
第二节	空基感知，全天时监控	90
第三节	地基感知，全覆盖采集	109
第四节	人基感知，全行为记录	115
第四章	智心	121
第一节	语义融合，解决异构性	121
第二节	清洗去冗，确保正确性	136
第三节	分布计算，解决海量性	146
第四节	挖掘分析，解决功效性	160
第五章	智脉	164
第一节	天链城市，高可靠的连通	164
第二节	光网城市，高效能的传输	170
第三节	无线城市，便捷化的通信	173
第四节	物联城市，泛在化的互联	178
第五节	金盾城市，掌控数据主权	184
第六章	智政	192
第一节	总体设计，“一沙盘”决策	192
第二节	公共平台，“一站式”服务	198
第三节	综合治理，“一盘棋”联动	203
第四节	应急处置，“一张图”指挥	212
第七章	智业	216
第一节	技术聚集，铸智慧创新链	216
第二节	智能制造，铸智慧生产链	219
第三节	智慧园区，铸智慧产业链	226
第四节	精准管控，铸智慧能源链	236

第八章 智惠	243
第一节 智慧医疗,让就医无距离	243
第二节 智慧社区,让生活无障碍	249
第三节 智慧交通,让出行无延时	255
第四节 精准扶贫,让资源无浪费	263
第九章 智美	271
第一节 智慧教育,让心灵洗礼	271
第二节 智慧旅游,让精神升华	276
第三节 智慧文娱,让大脑充电	281
第十章 智环	285
第一节 智慧环保,塑造绿色生活	285
第二节 循环经济,培育绿色动能	305
第三节 海绵城市,构筑绿色屏障	315
第四节 智慧环卫,打造绿色城市	321
参考文献	333

总 论

坚守“智慧之愿”——惠民、善政、开放、绿色、安全

当前，中国经济发展进入新常态，我国城市发展也迈入了量质并举的新阶段。2017年2月，国家统计局权威发布：2016年中国城镇化率已达到57.35%（国家统计局，2017），城市化对国民经济和社会发展的促进作用明显增强。与此同时，人口膨胀、环境污染、资源短缺、交通堵塞等城市病已逐渐成为制约我国城市发展的主要问题。为实现城市的可持续繁荣，一方面需要进一步顺应城市发展全球化、多样化、社会化和协同化的趋势，建立新型的城市发展模式；另一方面需要借助新技术革命强大的驱动力，奠定新型城市发展模式的基础。在此背景下，智慧城市作为工业化、信息化、城镇化和农业现代化交汇融合的概念正在被越来越多的人接受，为加快城市现代化进程和产业结构升级提供了新的思路和模式。

综合国内外对智慧城市的研究来看，尽管定义有所不同，但大都认为智慧城市应该有以下特点：一是智慧城市建设以信息和通信技术（information communication technology, ICT）应用为支撑；二是智慧城市是一个复杂的、相互作用的系统；三是智慧城市建设的目的是让城市更加宜居、宜业。简单来说，智慧城市是城市发展的高级阶段，以信息和通信技术为支撑，让城市更聪明、人类生活更便捷（张一章，2016）。

随着国家治理体系和治理能力现代化的不断推进，随着创新、协调、

绿色、开放、共享发展理念的全面贯彻，随着网络强国战略、国家大数据战略等的实施，智慧城市被赋予了新的内涵和新的要求，可以概括为以下5个方面。

惠民。以人为本，是现代城市建设和治理的原点。坚持信息惠民作为智慧城市发展的核心，提升公共服务效能，通过释放数字红利，实现无处不在的惠民服务，提高人们生活的便捷感、安全感、获得感、公平感、幸福感，建设和谐、宜居、富有活力的现代化城市。

善政。推进政府决策科学化、社会治理精准化、公共服务高效化，用信息化手段更好地感知社会态势、畅通沟通渠道、辅助决策施政。

开放。有效开放公共空间和公共资源，充分体现社会管理与服务能力的融合、社会管理与服务资源的融合。

绿色。通过城市精细化和智能化管理技术手段，减少资源消耗，降低环境污染，建设环保、低碳的城市生态环境。

安全。智慧城市是具有良好的公共安全的城市，具有抵御自然灾害和处理人为灾害的能力。

综上所述，智慧城市是以为民服务全程全时、城市治理高效有序、数据开放共融共享、经济发展绿色开源、网络空间安全清朗为主要目标，通过体系规划、信息主导、改革创新，推进新一代信息技术与城市现代化深度融合、迭代演进，实现国家与城市协调发展的新生态（熊垓智，2016）。

破解“智慧之困”——开放的复杂巨系统理论

现代文明的发祥地在西方，起源于欧洲的文艺复兴运动。文艺复兴把人从神的束缚中解放出来，把生产力从封建社会的束缚中解放出来，引领西欧走出中世纪的蒙昧，迎来了现代文明的曙光。文艺复兴推动了以资本主义生产方式为基础的早期现代化进程，并逐渐形成以全球一体化和世界市场为基础的现代文明，这一现代化进程的一个重要标志即是现代城市的兴起。

自18世纪工业革命以来,随着大工业生产对劳动力、原材料、能源、消费市场的巨大需求,欧美各国先后开始了现代城市的建设历程,在人口聚集、工商业发达的地理区域,成立现代城市行政管理机构,建立治安执法机关,大规模修建厂房、商业大楼、住宅、医院、学校、道路、桥梁,完善给排水地下管网,铺设电力、通信线路,从而形成了由众多公用设施、市政工程等专业系统构成的城市大系统。随着城市规模的不断扩张,人口数量和用地猛增,城市发展同时表现出两种倾向:一方面城市各种先进的公用设施与市政工程,逐步出现并迅速普及,促进了城市发展;另一方面出现了“城市病”,人口无序集聚,能源、资源紧张,生态环境恶化,交通拥堵严重,房价居高不下,安全形势严峻,城乡对立且差距拉大,人们面临城市无序发展带来的“智慧之困”。

上述“智慧之困”的逻辑根源在于还原论思想。现代西方文明的建立,以还原论为思想为基础,就是将复杂系统不断分解为简单系统,将全局问题不断分解为局部问题去解决,很大程度上忽视了系统的整体性、系统要素间的相互关联性,“头痛医头,脚痛医脚”,从而引发了深层次矛盾和弊端。第一次文艺复兴后,还原论引发的一系列科学、技术、产业、社会革命已遇到瓶颈,体现在世界、国家、城市治理上,体现为不平等、不平衡和不可持续。因此,现代城市要摆脱“智慧之困”的束缚,急需一种新的思想、新的方法论。

人类文明已走到量变到质变的临界点,一场新的文明转型呼之欲出。早在20世纪80年代人民科学家钱学森即认为,人类文明迫切需要一次新的文明转型,就是综合西方的还原论、东方的整体论,形成系统论的思想,以定性到定量的综合集成为基本方法,开创“第二次文艺复兴”。钱学森认为,中国将发挥“第二次文艺复兴”的主战场作用,通过系统论的发展应用,实现把握客观规律、改造客观世界能力的跨越式提升,把第五次、第六次、第七次产业革命不断向纵深推进,达到“整个社会形态的飞跃”,带动世界、国家、城市治理手段和模式的颠覆性创新。

按照系统论的思想,智慧城市是个开放的复杂巨系统。智慧城市功能繁复、结构庞大、系统层次多,与周边、全国以至世界联系广泛,具备着

典型的开放的复杂巨系统的特性（戴汝为，2005）。

（1）开放性

城市是区域性乃至全国性的政治、经济、文化、教育、科技中心。与生命系统类似，一个城市要保持正常有序运转，必须不间断地进行新陈代谢，其各种物理系统必然与周边地区、全国和全球进行物质、能量、信息、人员等交换活动。

（2）动态性

智慧城市要为政府、企业、市民等服务主体提供智慧化服务，要做到政令贯通、经济发展、文化先进、教育提升、科技创新、人居环境改善、交通环保治理、人文自然和谐、治安消防保障、灾害及破坏的预防及预警，其组成单元必然时时刻刻与这些服务主体进行频繁的交互，这些相互作用导致智慧城市的系统状态一直处于不断的剧烈变化之中。

（3）复杂性

智慧城市结构高度交错繁复，其发展变化受到自然、社会、经济、文化、政治、法律等多种因素的影响，服务触角深入到社会经济、政府治理、科教文化、社会民生、环境生态、人本文明等各个领域，需要建立数量巨大、层级众多、纵横交错、关联复杂的智慧城市分系统，这些分系统的组件繁多、时空交叠，其系统结构通常采用复杂性的构造——层级结构，以适应智慧城市复杂环境和功能的需求。

（4）整体性

智慧城市的各个子系统之间既层层分属又密切相关，既功能各异又时空交叠，统一服务于发展与完善的总目标。智慧城市的所有系统总括起来构成一个统一的整体，使经济充满活力、文教科技高度发展、人民生活安定舒适，创造自然、人文、社会融汇协调发展的工作与生活氛围，呈现其人类社会发展的整体性前驱（戴汝为，2005）。

（5）自组织性

由于各种不可预见的自然、社会等因素的影响，在城市治理的实践中，不可避免地会遇到原规划、正常程序中无预案的亟待解决的问题。为应对此类问题，智慧城市具备一定程度的自组织性和自适应性就十分

必要。因此，从城市的功能和发展前景出发，智慧城市中各类综合性系统，特别是支持应急、决策和适时发展的系统，必须具备人机结合的学习功能，通过学习程序，把自组织、自适应所取得的经验和范例，在人机结合的综合智慧系统中得到近于最优化的储备方案，这样才能呈现优选的自组织性和高阶的适应性。这也正是智慧城市综合系统的整体优势和生命力的表现。

综合智慧城市的上述特点，不难发现，智慧城市的系统中组成单元数量众多，这些组成单元在时空、作用及状态之间交互，并随系统行为演化派生，系统组件时空交叠、角色各异但宏观上表现为整体行为；系统层次众多、组成模式多种多样；系统与环境间存在能量、物质、信息交换，可以动态连续适应环境变化，这些均为开放性、复杂性和巨系统的特征。所以，智慧城市是一类开放的复杂巨系统（戴汝为，2005）。

由于对“智慧城市是一类开放的复杂巨系统”的本质特征认识不足，人们在智慧城市建设过程中出现了许许多多的问题，如没有从城市整体目标、发展战略、自身特点和面临的实际问题出发进行总体规划、顶层设计，相同或相似服务功能的系统重复建设，缺乏总体的系统整合；出于自身利益等方面的考虑，各部门、各行业和各地域间的信息，彼此相互孤立和隔离，未能实现充分的信息共享和数据融合，无法实现各智慧子系统的业务协同，城市智慧化徒有虚名；缺乏统一的标准体系，部门组织制订的标准之间不协调、多而杂乱，缺乏科学、实用的协同实践。

要解决智慧城市建设所面临的开放的复杂巨系统问题，在方法上，我们应运用钱学森提出的《系统工程综合集成方法论》来指导、规划、设计、建造智慧城市，实现系统应用和功能。在路径上，我们要运用钱学森智库体系构建智慧城市的智慧之核——总体设计部，从更高起点去布局，以定性到定量的综合集成为基本方法，利用信息革命的最新成果，打造“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”，构筑钱学森智库“六大体系、两个平台”，为实现物理—数据—信息—智能—智慧的多级跃升，为解决智慧城市面临的开放的复杂巨系统问题，提供科学有效的