

智能城市规划

智能规划

INTELLIGENT PLANNING

吴志强 主编



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

智能规划 / 吴志强主编. -- 上海 : 上海科学技术出版社, 2020.9
(智能城市规划)
ISBN 978-7-5478-4843-2

I. ①智… II. ①吴… III. ①互联网络—应用—城市规划—中国—文集 IV. ①TU984.2-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第045572号

智能规划

吴志强 主编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235 www.sstp.cn)

□□□□□□□□□□□□□□□□印刷

开本 889×1194 1/16 印张 11.5

字数: 260千字

2020年9月第1版 2020年9月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-4843-2/TU·292

定价: 98.00元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

Synopsis

内容提要

本书是“智能城市规划”丛书的第二本，汇集了长三角城市群智能规划协同创新中心诸多院士和专家学者近年来在智能规划研究领域的 15 篇重要文献，探讨了智能技术辅助城市规划理论范式的变革导向，探索了基于大数据的空间结构和时空行为活动研究方法及其在规划中的应用实践，提出了数字化设计的理论平台和进一步研究的分析框架。

全书由“范式转型”“大数据与空间结构”“大数据与时空活动”“数字化设计”四个篇章构成，可作为智能规划理论研究和实践探索的重要参考资料，供从事智能规划研究与实践的相关专业人员和在校学生借鉴与参考。

E 本书编辑委员会 ditorial board

主编 吴志强

编委会成员 邹德慈 张锦秋 何镜堂 张建云
刘加平 崔愷 方守恩 杨东援
杨俊宴 张尚武 王德 詹庆明
钮心毅 周新刚 干靛 郑迪
沈尧

编写组工作人员 干靛 刘晓畅 张晨子 唐晓薇

“智能城市规划”丛书

P 序 Preface

我国《新一代人工智能发展规划》指出，到 2020 年，我国人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步；到 2025 年，人工智能基础理论实现重大突破；到 2030 年，人工智能理论、技术与应用总体达到世界领跑水平的“三步走”目标。与其他国家人工智能发展规划的最大区别在于，将人工智能本身理论的突破与我国城镇化的历史进程进行结合，“以人工智能的发展推动我国城市规划、设计、建设全过程的智能化”，形成以智能化提升我国“智力城镇化”的高品质发展，以城镇化场景运用牵引新一代人工智能理论研究突破的方向。我国在人工智能科学理论和技术上的崛起与我国城乡建设的智能化双向驱动之间的结合，是实现中华民族伟大复兴的必经之路和特色所在。

未来城镇化是“智力城镇化”。“智力城镇化”体现在“城市智化”“规划设计智化”“建设组织智化”。人工智能将使城市在环境中具有自我学习、自我感知、自我迭代的能力，人类从未创造过具有自我进化能力的设备和环境；规划的智化，成为生产、生活、生态环境中具有革命性、颠覆性、自发性及应对根本任务的新型设计定义；建设、组织的智化，将全球最专业的人才纳入网络。

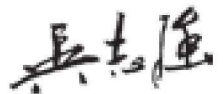
8 000 年的城市历史是从城市的物质世界开始的，在这个物质世界上支撑的是人类社会世界的不断发展，物质世界与社会世界的交互成就了城市的发育、不断迭代和进步。今天，我们的城市开始有了自己的第三元世界：城市的赛博世界（Cyber）。

正是因为城市的赛博世界的诞生，才有了“城市智化”的可能。“城市智化”不是一蹴而就的，而是一天一天不断进步的。2010 年上海世博会时就大规模使用了全场景数据感知和动态采集，后被称为“大数据方法”；在整个园区场馆规划设计中，研发并运用了大量的多场景推演，后被称为“虚拟现实”。2012 年，中国工程院以此为基础，以智能城市立项进行研究，“中国新型城镇化的智能建设战略研究”项目在 2014 年之前主要聚焦大数据研究，之后进入人工智能研究阶段。从 2014 年至今，我们的团队一直在人工智能技术应用于城市规划和研究方面投入大量时间和精力。

“智能城市规划”丛书——《智能城市》《智能规划》《智能建设》，正是未来三大智化趋势

的知识和理论的积累，汇聚了国内外几十位院士和顶级专家的智慧 and 思想，反映了当今世界关于智能城市最前沿的研究和实践成果，指出了未来新一代智能城市的发展方向。

本丛书可以为城乡规划决策、城乡建设管理、城乡运营治理等方面的领导、学者，尤其是从事城市和社区智能化建设的企、事业领导提供参考思路和事业发展顶层设计的思想理论依据，同时也可以作为城市规划、建筑学、环境设计、道路交通、市政建设、土木工程、软件信息、公共管理、金融投资、风险管理等专业的教师和学生专业研读的前沿参考文献。



2020年8月

C 目录 Contents

第一章 范式转型 1

CHAPTER 1 PARADIGM SHIFT

人工智能辅助城市规划 吴志强 2
Artificial Intelligence Assisted Urban Planning

转型时期的城市智能规划技术实践 吴志强 甘惟 11
Urban Intelligent Planning Technology Practice in Transitional Period

通过大数据促进城市交通规划理论的变革 杨东援 17
Promoting Urban Transportation Planning Theory Innovation Using Big Data

全数字化城市设计的理论范式探索 杨俊宴 27
Exploration on Theoretical Paradigm of All-Digital Urban Design

第二章 大数据与空间结构 45

CHAPTER 2 BIG DATA AND SPATIAL STRUCTURE

基于百度地图热力图的城市空间结构研究——以上海中心城区为例 吴志强 叶锺楠 46
Research on Urban Spatial Structure Based on Baidu Heat Map: A Case Study on the Central City of Shanghai

上海大都市地区空间结构优化的政策路径探析——基于人口分布情景的分析方法 57
张尚武 晏龙旭 王德 刘振宇 陈烨
Analysis on the Policy Path of Spatial Structure Optimizing in the Shanghai Metropolitan Region: A Scenario-Based Study on Population Distribution

武汉市建成区扩展演变与规划实施验证 詹庆明 岳亚飞 肖映辉 70
Evolution of Built-Up Area Expansion and Verification of Planning Implementation in Wuhan

基于跨城功能联系的上海都市圈空间结构研究 钮心毅 王焱 刘嘉伟 冯永恒 81
Spatial Structure of Shanghai Metropolitan Coordination Area from Perspective of Inter-City Functional Links

动态数据空间分析的不确定性问题——以城市中心识别为例 周新刚 乐阳 叶嘉安 王海军 仲腾 92
Uncertainty in Spatial Analysis of Dynamic Data: Identifying City Center

第三章 大数据与时空活动 99

CHAPTER 3 BIG DATA AND SPACE-TIME ACTIVITIES

城市居民空间活动中大数据与复杂性理论的融合 杨东援 100

The Integration of Big Data and Complexity Theory in the Study of Residents' Activity Space

上海市人口分布与空间活动的动态特征研究——基于手机信令数据的探索 109

钟炜菁 王德 谢栋灿 晏龙旭

Dynamic Characteristics of Shanghai's Population Distribution Using Cell Phone Signaling Data

高密度城区建成环境与城市生物多样性的关系研究——以上海浦东新区世纪大道地区为例 121

干靓 吴志强 郭光普

The Influence of Built Environment on Urban Biodiversity in High-Density Urban Areas: Case Study in Blocks Along Century Avenue, Pudong New District, Shanghai

基于共享单车数据研究的智慧街道空间导引及创新平台 郑迪 133

Smart Street Space Guidance and Innovation Platform based on Bike-Sharing Data

第四章 数字化设计 145

CHAPTER 4 DIGITAL DESIGN

从静态蓝图到动态智能规则：城市设计数字化管理平台理论初探 杨俊宴 程洋 邵典 146

From Static Blueprints to Dynamic Intelligence: The Theory of Digital Management Platform for Urban Design

动态的空间句法——面向高频城市的组构分析框架 沈尧 160

Dynamic Space Syntax: Towards the Configurational Analysis of the High Frequency Cities

第一章 范式转型

CHAPTER 1 PARADIGM SHIFT

人工智能辅助城市规划*

Artificial Intelligence Assisted Urban Planning

吴志强

摘要 城市规划中的人工智能应用是城市规划学科的时代标志性变革。文章阐述了人工智能与城市规划两个学科在发展中的关系、互为推动力的切入点、未来发展的价值取向方向等认知要点，预测了下一代人工智能的技术突破将为城市研究和城市规划带来的巨大变革。作者以其工作小组在智能数据捕捉、城市功能智能配置、城市形态智能设计等方面的实际应用案例，对人工智能辅助城市规划的前沿动态做出了诠释。

关键词 下一代人工智能(2.0); 城市规律; 群机学习; 人机共智; 大数据; 大智移云; 捕捉; 智能配置

2017年7月,国务院印发了《新一代人工智能发展规划》,提出“三步走”战略目标:第一步,到2020年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步,人工智能产业成为新的重要经济增长点,人工智能技术应用成为改善民生的新途径,有力支撑中国进入创新型国家行列和实现全面建成小康社会的奋斗目标;第二步,到2025年人工智能基础理论实现重大突破,部分技术与应用达到世界领先水平,人工智能成为带动中国产业升级和经济转型的主要动力,智能社会建设取得积极进展;第三步,到2030年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平,成为世界主要人工智能创新中心。在城市建设领域,《新一代人工智能发展规划》特别指出,以人工智能“推进城市规划、建设、管理、运营全生命周期智能化”等各方

面。2017年11月,科技部在北京召开“新一代人工智能发展规划暨重大科技项目”启动会,笔者作为核心专家组成员参会,汇报三年来参与新一代人工智能项目筹划准备中有关城市规划的若干问题。本文要点基于此整理。

1 人工智能辅助城市规划的切入点

人工智能与中国的城市规划学科目前都处于初级阶段,两者发展过程中的互动关系前景,以下述三点尤为重要。

(1) 城市规划学科的成熟,基于城市规划的思想理论、技术方法和学科发展史这三块基石。大数据时代的到来使城市研究及城市规划受到前所未有的影响和冲击^①。这些冲击一方面挑战了传统的城市研究和规划方法,另一方面“大智移云”^②的技术巨大地推动了人工智

* 国家社会科学基金重大课题(国际创新城市构建与城市圈发展战略规划研究,12&ZD202)。原载于《时代建筑》2018年第1期。

① 参见:吴志强,叶锺楠.基于百度地图热力图的城市空间结构研究——以上海中心城区为例[J].城市规划,2016,40(4):33-40。

② “大智移云”为大数据、人工智能、移动网络、云计算技术的简称。参见笔者部分演讲:同济规划.吴志强:规划新时代与生态理性内核[EB/OL].2017.<http://mp.weixin.qq.com/s/oksik8yedmaYgsto-zWQSQ>;中国城市规划.重磅!2017中国城市规划年会大会报告观点集锦[EB/OL].2017.<https://mp.weixin.qq.com/s/oksik8yedmaYgsto-zWQSQ>。

能辅助的城市规划方法技术的发展和进步。

(2) 我们必须认识到,人工智能技术本身尚处于兴起阶段,是快速拓展、尚不稳定的技术。科学技术界、人工智能界对以单机的机器学习(machine learning)和深度学习(deep learning)为标志的第一代技术的超越正在紧锣密鼓地推进中。下一代的人工智能技术,即人工智能2.0的主要技术突破将在可见的未来出现。

(3) 2017年11月启动的中国“新一代人工智能发展规划暨重大科技项目”表明,未来5年里,人工智能辅助城市规划技术将依托新一代人工智能技术的诞生而得以大幅度提升,并为下一步城市规划技术改革带来极大的可能性,甚至带来整个城市规划思想方法的变革。

2 人工智能与城市规划的互动相长

(1) 城市研究与城市规划实践为人工智能研发提供了巨大的应用平台和发展思路。2016年“人居三”大会联合国第三次住房和城市可持续发展大会(简称“‘人居三’大会”)发布的《新城市议程》强调了城市规划科学性和协同上下的作用,重新定义了其在城市可持续发展中多方面的重要地位^③。城市规划的思想方法和决策模式为人工智能发展提供机器学习的未来攻关方向,规划的运行模式成为下一代人工智能技术攻关的主攻方向之一。规划的运作是高度智慧的运作,人工智能可解析并借鉴规划的复杂系统,继而推动人工智能技术自身在规划、建设、管理运营方面的复杂智能提升。

(2) 截至2018年,人工智能技术在城市规划方面的应用主要集中于对城市生长规律和城市空间规律的机器学习和深度学习。由于城市的复杂性,对于这一人类在地球上创造的最大的复杂生命体的研究和探索,至今因其复杂性阻碍了其规划学科的科学性发育。人工智能在世界范围内兴起,尤其在中国,城市规划和人工智能得到了全球规划学界少有的最佳结合。

中国的城市规划学科在人工智能技术上的运用,虽然从历史长远的角度看是初步的,但从全球范围来看,却是领跑者。人工智能主要运用于对城市数据的大规模挖掘,并大规模提升了中国城市规划界对世界城市增长规律和空间规律的认识。笔者及工作小组已经完成了10000多个全球城市的建成区的卫星图像挖掘,已经展示了大量城市空间增长类型学的规律。

(3) 城市规划未来将依托新一代的人工智能技术发展,发育出对城市感知、城市认识、城市分析、城市模拟、城市决策全新的技术可能。下面从三个方面指出未来人工智能技术发展对未来城市规划的发展可能。

第一,人工智能的下一代群体智能技术,可大规模应用于城市发展管理。因为城市规划师的工作模式从来就不是单机运作,规划成果几乎都是群体智慧。一项规划的编制,需要团队的智慧和协同运作,下一代群体智能很好地切合了这一特征,将对规划及时产生强有力的群体运作模式支持。

第二,人工智能的下一代多媒体智能技术,可将城市规划大规模使用的来自卫片、航片、统计数据、地面感知、专访和实地调研等渠道的信息和数据进行综合使用、协同认知和共同支撑决策。规划决策中的领导讲话也可以轻松通过多媒体人工智能将其语义分析纳入城市规划信息的分析系统,各方讲话将被快速分析、分解,并汇聚到城市大数据库内。

第三,人工智能的下一代人机共智技术,可以将城市规划的技术感知、理性学习的机器学习技术和机器人智能与人的决策系统综合,达到决策意志和机器理性的优化结合。规划的决策过程从来都没有离开过决策者的个性,城市的发展也从来不是可以通过纯理性的推理的,现在人机共智的技术很好地切合了城市规划的模式,没有决策者意志的决策,几乎不是现实的城市规划,没有理性的科学的规律支撑城市

^③参见:吴志强,“人居三”对城市规划学科的未来发展指向[J].城市规划学刊,2016(6):7-12。

决策，从来都会违反城市的发展规律，造成城市病的泛滥。

(4) 人工智能技术正在大规模推进，5年后的人工智能学科的技术进展正是未来城市规划特别需要的。当前要学习的，不仅是如何直接应用人工智能，还应学习如何可让人工智能更多地为城市规划服务，为城市科学健康的发展服务。坚持人工智能应用于城市规划领域的推进，是中国城市规划在世界规划界的前沿的跟跑、并跑和领跑的重要技术手段，也是未来持续创新领跑内涵式发展的内生性力量。

3 三种规划思路

(1) 中世纪开始的乌托邦城市规划是理想导向的，是要把一个国家的理想体现到一个城市的规划中。这是第一种规划思路：以理想导向编制规划。

(2) 20世纪50年代后，在科学社会主义影响下的近现代的城市规划是以当下城市问题为导向。这就是第二种规划思路：以问题导向编制规划。

(3) 而今天的城市规划依托人工智能大规模感知城市、认知城市、认识城市规律，为城市规划提供了第三种规划思路：以城市规律导向编制城市规划。城市规划的编制思路趋于理性，尊重城市生命规律。而这种规律不是过去的简单逻辑可以模拟的，是一种复杂生态理性。

4 人工智能辅助城市研究实例

4.1 智能数据捕捉辅助城市规律发掘

笔者及工作小组的“城市树”城市研究项目，通过30m×30m精度网格，在40年时间跨度内对全世界所有城市的卫片进行智能动态识别，如影像识别(图1)，建构了“城市树”概念，截至2017年10月，已高速完成了精确到9km²以上的9516个全球城市的描绘(图2)。如通过宁波的城市树(图3)，可直观观察城市增长的过程，辨识其增长点。

通过对已绘制的城市树的曲线边缘进行统计(图4)，归纳出七大类城市发展的类型：萌芽型城市、佝偻型城市、成长型城市、膨胀

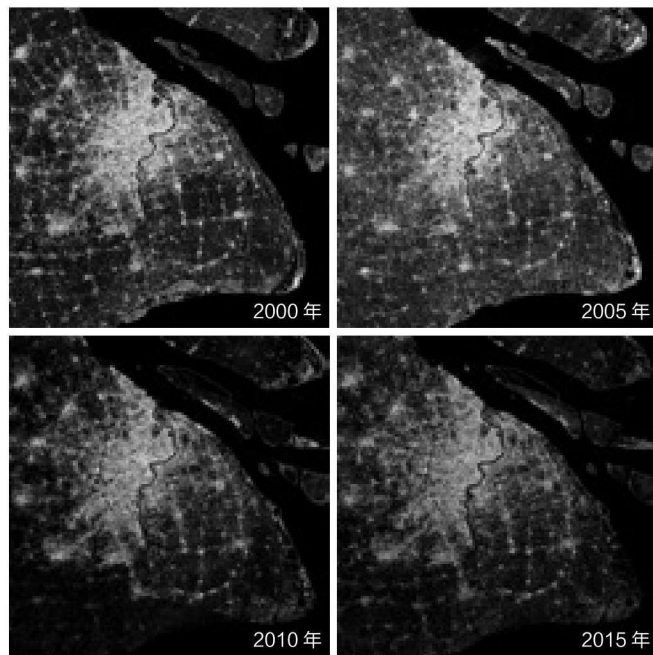


图1 上海市不同年份建成区影像识别提取结果
Fig.1 Image recognition of built areas of Shanghai in different years

型城市、成熟型城市、区域型城市、衰落型城市（图5）。如英国、德国和法国的城市，60%~80%的城镇呈现稳定的增长，属于增长型城市；发展中国家，包括中国的小城市的增长曲线接近衰落型；过去40年内始终保持在 10 km^2 以下几乎没有增长的城市属于侏儒型城市，大量集中在发展中国家；城市面积达到 100 km^2 以上的膨胀型城市，在全球范围内比较少见，但在新兴经济体国家出现。

除城市增长类型和城市增长趋势，在城市研究中运用人工智能的技术，可更快速、准确地观察城镇群汇聚的规律。以长三角城镇群汇聚的历程为例（图6），可看到自1975年到2015年的40年间，其汇聚呈现了一定均匀度，

但各城市增长的中心具有有规律的6个定点，形成一个管理网络。从发展进程上可以看到，在改革开放初期，这些定点彼此相距 40 km 左右，在城市高度发展之后，6个定点周围又发展出更小的6个定点，如苏南地区已成为一个新的定点，整个网络更为密集，但仍然保持着这一增长律动。具体到城市，可以看到，江苏省和安徽省，相对于苏南地区来说，城市没有得到很好的发育；安徽省的发展都集中在省会城市，可以看到合肥的大规模生长，这是安徽的行政动力造成的；武汉的发展问题在于其周边 300 km 之内没有可比的大城市；长三角城镇群的总量在扩大，苏州、上海联动，中心逐步连进（图7）。



图2 已绘制的全球城市树地图
Fig.2 City trees on world map

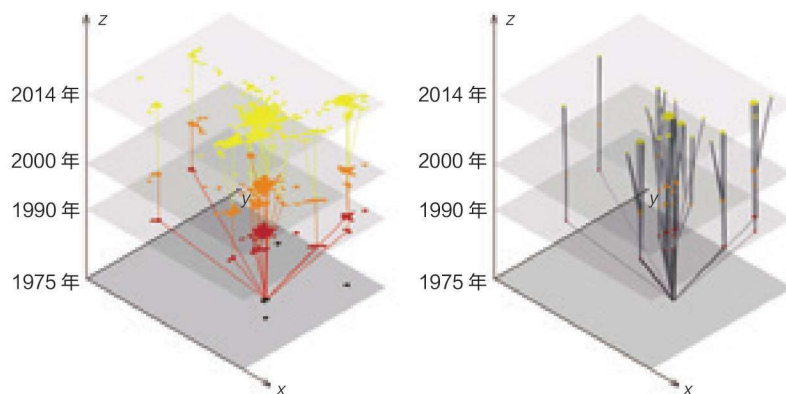


图3 宁波城市树
Fig.3 The "City Tree" of Ningbo city

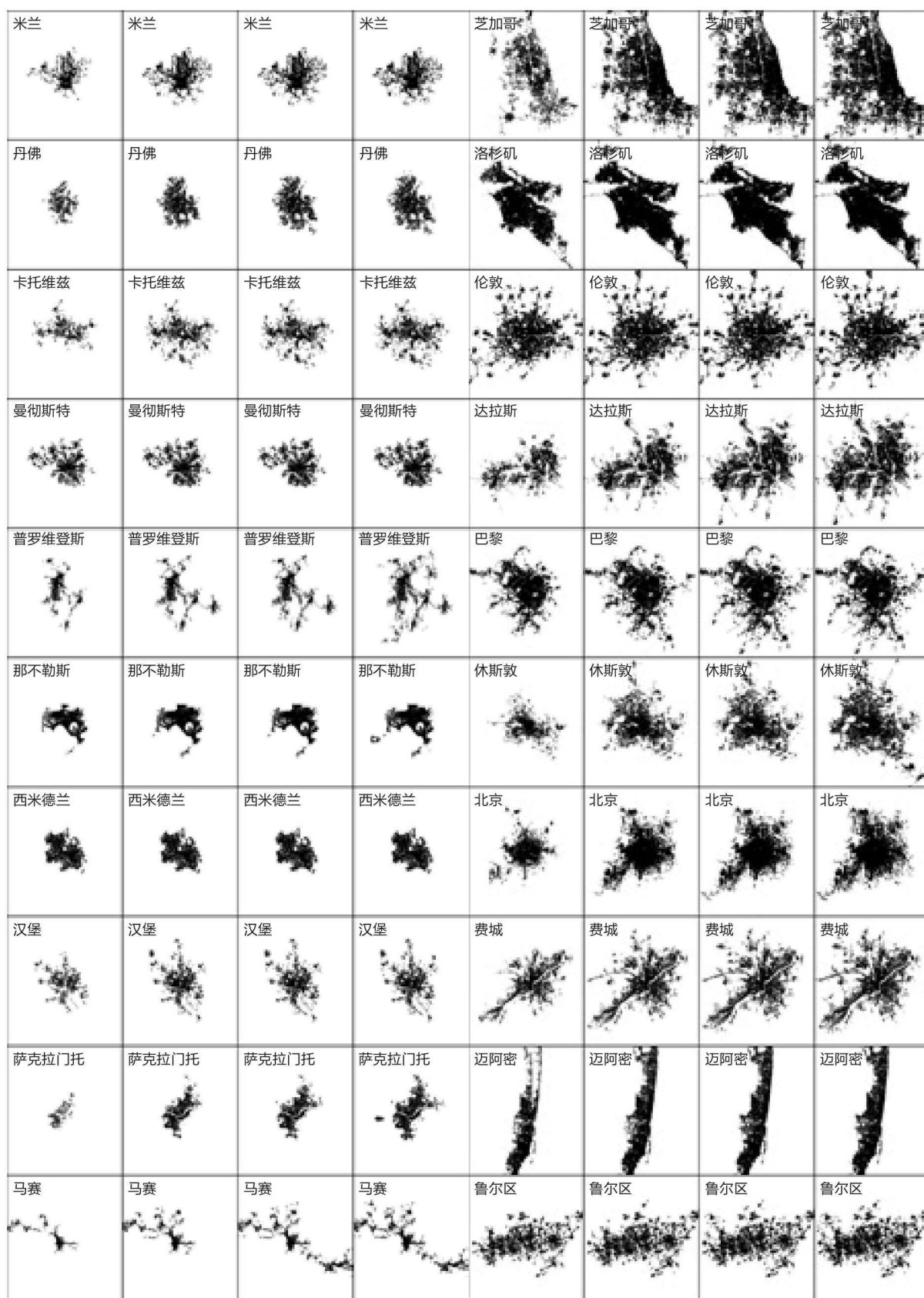


图4 世界城市增长边缘图例
Fig.4 The growth edge of world cities

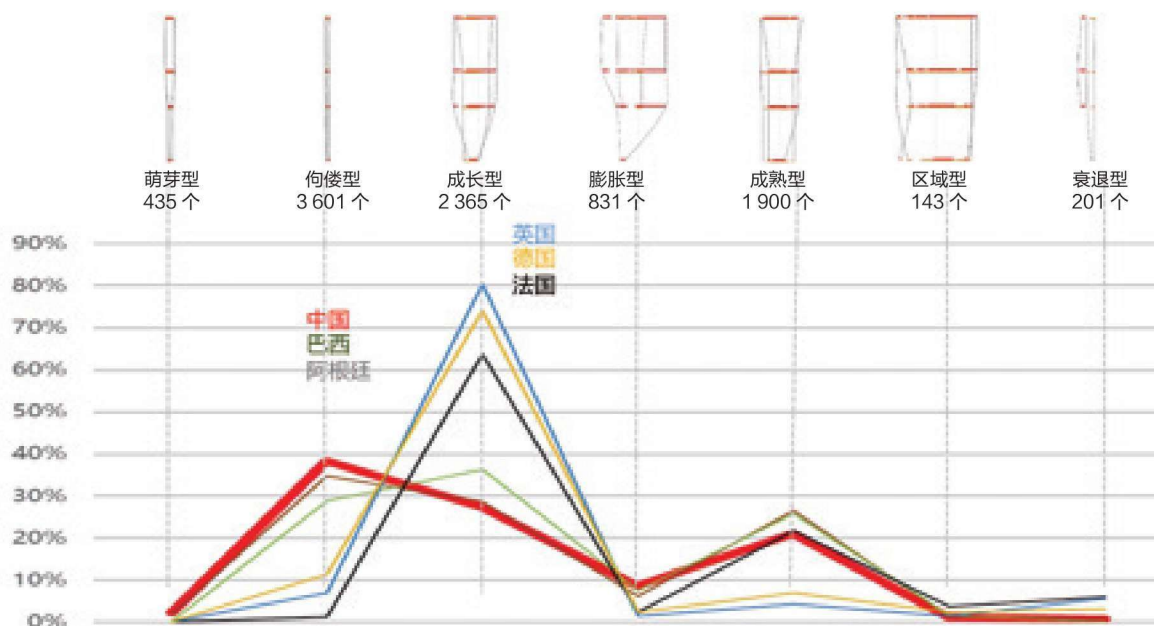


图5 七大城市发展类型及分布
Fig.5 7 types of urban development and their distribution in the world

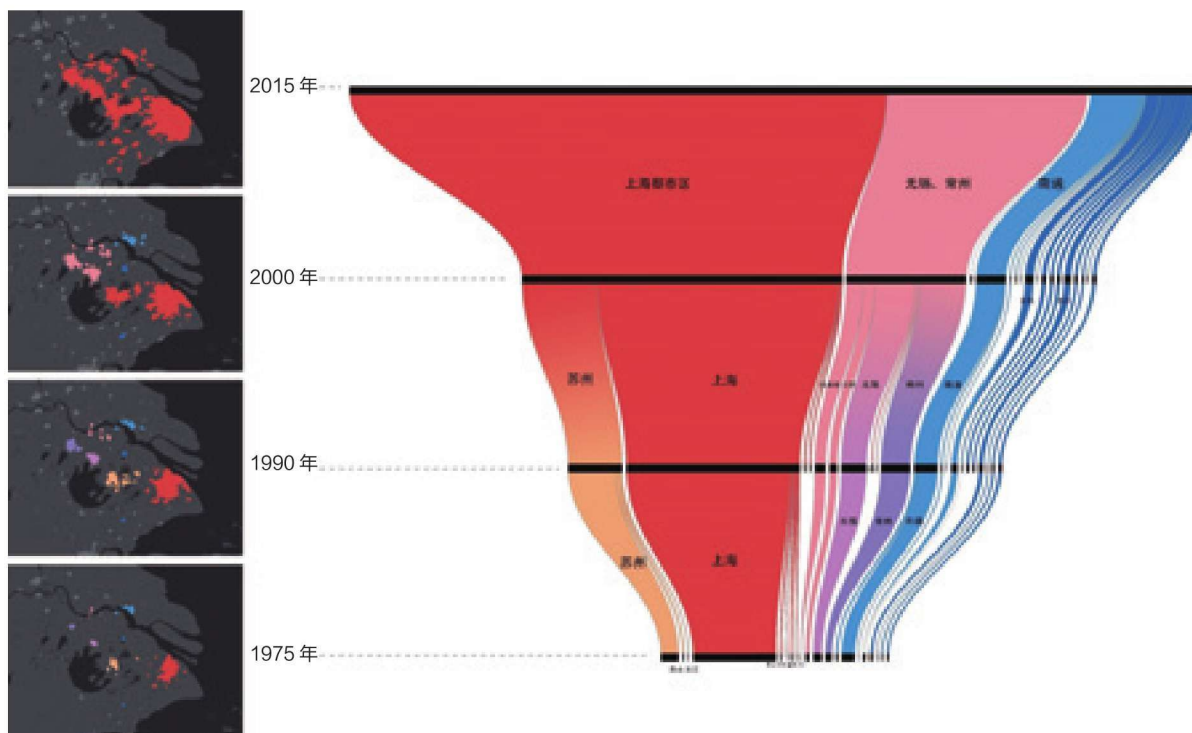


图6 苏州、上海、无锡、常州、南通城镇群集聚历程
Fig.6 The process of the forming of Suzhou, Shanghai, Wuxi, Changzhou and Nantong urban agglomeration