



中国科协学科发展研究系列报告
中国科学技术协会 主编

2020—2021
学科发展报告
综合卷

中国科协科学技术创新部 / 组编

中国科学技术出版社
· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

2020—2021 学科发展报告综合卷 / 中国科学技术协会主编; 中国科协科学技术创新部组编. — 北京: 中国科学技术出版社, 2022.8

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-9520-8

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 科学技术—技术发展—研究报告—中国—2020—2021 IV. ① N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 064990 号

策 划	秦德继
责任编辑	赵 佳
封面设计	中科星河
正文设计	中文天地
责任校对	吕传新
责任印制	李晓霖

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社有限公司发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62173865
传 真	010-62173081
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	465千字
印 张	20.75
版 次	2022年8月第1版
印 次	2022年8月第1次印刷
印 刷	河北鑫兆源印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-9520-8 / N · 291
定 价	98.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)



2020—2021

学科发展报告综合卷

专 家 组

组 长 高鸿钧 包为民

副组长 吕昭平 李党生 凯赛尔·阿不都克热木
赵巍胜

成 员 (按姓氏笔画排序)

于小虎 田 刚 田 伟 刘 峰 刘文杰
刘亚东 刘兴平 孙春雷 李 军 李晓刚
何满潮 张 莹 陈炳东 陈晔光 林 天
胡海岩 徐 颖 徐梦珍 康 乐 董尔丹
魏均民

编写组顾问

仇保兴 杨焕明 毛其智 俞孔坚 张爱林
王战军 李 迅 余 刚 徐文珍 乐可锡
何兴华 周 卫 孙久文 秦 波 王文岩

编写组成员 (按姓氏笔画排序)

王 云 王 方 王 兰 王 焯 王广志
王文静 王亚男 王向荣 毛开云 方 丹

方 敏	方祖烈	左建平	龙 瀛	叶蒙宇
田大江	付彦荣	刘 晓	刘启斌	刘曜玮
齐 飞	孙 斌	孙立宁	李玉阳	李明良
李宗真	李海龙	杨 湛	杨可扬	杨宝路
杨德凭	吴顺川	余 策	谷晓红	张学博
张梦宇	张博文	张新伊	陈 蒙	陈海生
林 鹏	林伯阳	林斌辉	赵 新	柯红缨
贾建中	钱林方	唐 杰	戚均慧	彭 屹
葛耀君	熊 燕	戴琼海		

学术秘书 李沁伟 杨海晶 高 凡

丛书序

当人类社会跨入 21 世纪第三个十年时，世界百年未有之大变局加速演进，新一轮科技革命和产业变革不断深入发展，正在重塑全球经济结构；科技创新活跃而密集，科技成为国际竞争的主要领域。

新中国成立特别是改革开放以来，在中国共产党的坚强领导下，中国创造了经济全面发展、社会长期保持稳定、人民逐步摆脱贫困的世界奇迹。中国在科技领域从“一穷二白”不断向世界科技前沿奋力追赶超越，取得了历史性的成就，彰显了中国制度的优势。科技立则民族立，科技强则国家强，已经成为中国全社会的共识。

中国科学技术协会（以下简称中国科协）始终以习近平总书记关于科技创新的一系列论述为指导，热切响应习近平总书记“加快建设科技强国，实现高水平科技自立自强”的伟大号召，扎实履行为科技工作者服务、为创新驱动发展服务、为提高全民科学素质服务、为党和政府科学决策服务的社会责任。作为科技学术共同体的重要力量，着眼于推动科技创新，为建设创新型国家和打造科技创新体系倾挚一臂之力。

学科的创立、成长和发展，是科学技术创新发展的基础，是科学知识体系化的象征，是创新型国家建设的重要方面。深入开展学科研究，总结学科发展规律，明晰学科发展方向，对促进学科的交叉融合并衍生新兴学科，继而提升原始创新能力、加速科技革命具有重要意义。2006 年，中国科协创立学科发展研究项目及发布制度，其目的是发挥中国科协及所属全国学会的学术权威性和作为国家科技创新体系重要组成部分的优势，总结学科发展成果，研究学科发展规律，预测学科发展趋势，为基础科学、应用科学和技术科学研究创造基础条件和营造创新氛围，着力促进学科交叉、融合与渗透，促进多学科协调发展和新兴学科建设，引领产学研协同创新。经过 16 年的持续开展，学科发展研究已经成为中国科协具有广泛社会影响的学科建设品牌项目，不仅受到国内外科技界的普遍关注，也受到政府决策部门的高度重视，为国家制定科技发展规划、谋划科技创新战略布局、制定

学科发展路线图、设置科研机构、培养科技人才等提供了重要参考。

截至 2019 年，已经有 150 余个全国学会参与学科发展研究项目，累计出版 283 卷学科发展报告（含综合卷），构建了学科发展研究成果矩阵和具有重要学术价值、史料价值的科技创新成果资料库。学科发展报告全面系统地反映了近 20 年来中国科技创新发展的基本态势与重要成果，对中国科技创新发展起到独特的推进作用，成为中国科技创新发展趋势的观察站和风向标。从这些报告中可以窥见中国的学科建设发展、科技创新重要成果、科研体制机制、人才队伍建设等，从点到面、从个别领域到多个领域、从跟跑到并跑乃至在一些领域领跑的巨大变化，中国的科技创新正在从量的积累迈向质的飞跃、从点的突破迈向整体能力的提升。中国科技力量的综合创新能力大幅跃升，重大科技成果不断涌现，载人航天、载人深潜、星际探测、北斗导航等实现跨越发展，特高压输变电、超级计算、高速铁路、杂交水稻等已经跻身世界前列。国家科技力量不断强化，科技体制改革稳步推进，科研经费总量和占比逐年提高，科研机构和科研人员自主权不断扩大，科研院所、高等院校和企业科研结构创新活力进一步增强，一批综合性国家科学中心、国家实验室成为突破重大科学难题和科技瓶颈的前沿阵地。当然，从这些报告中我们也不难发现，中国的学科建设依然存在亟待补齐的短板，科技创新依然面临着严峻的挑战。

2020 年，中国科协组织中国生物化学与分子生物学学会、中国岩石力学与工程学会、中国工程热物理学会、中国电子学会、中国人工智能学会、中国航空学会、中国兵工学会、中国土木工程学会、中国风景园林学会、中华中医药学会、中国生物医学工程学会、中国城市科学研究会等 13 个工科、医科、交叉学科的全国学会，分别就生物化学与分子生物学、岩石力学与岩石工程、工程热物理与能源利用、智能科学与技术、航空科学技术、兵器科学技术（身管兵器技术）、桥梁工程、风景园林、中医疫病学、生物医学工程、城市科学（健康城市）、微纳机器人 12 个学科领域的学科建设态势、重要科技创新成果、学术影响、国际合作、人才队伍建设等进行了深入研究分析，编纂了 12 部学科发展报告（其中《2020—2021 智能科学与技术学科发展报告》由中国电子学会、中国人工智能学会共同编纂）和 1 卷综合报告。这些报告系统总结和科学评价了相关学科的最新进展、重要成果、创新方法、技术进步等，研究分析了学科的发展现状、动态趋势，并进行国际比较，展望学科发展前景。参与学科发展研究和编纂学科发展报告的各全国学会举学会之力，汇聚精干专家队伍，收集各方资源，梳理学科成果，总结学科进展，展望学科发展趋势，付出了辛勤的劳动。

在《中国科协学科发展研究系列报告（2020—2021）》付梓之际，中国科学技术协会特此向参与学科发展研究和报告编纂的专家学者表示由衷的感谢！

是为序。

中国科学技术协会

2022 年 5 月

前言

中国共产党第十九次全国代表大会提出“加快建设创新型国家”。在党中央的坚强领导下，在科技与社会各界的共同努力下，我国的科技水平不断提升，科技创新取得了新的历史成就。随着各学科世界一流成果不断涌现，学科发展步入新的历史阶段，学科发展的环境也呈现不断深化、持续改善的良好态势。2020年，中国科协组织中国土木工程学会、中国城市科学研究会、中国风景园林学会等12个全国学会，分别就土木工程、城市科学、风景园林等12个学科的发展情况进行了系统研究，编辑出版了《中国科协学科发展研究系列报告》。

受中国科协委托，中国城市科学研究会组织有关单位和相关专家在12个学科发展报告的基础上，编写了《2020—2021学科发展报告综合卷》（以下简称《综合卷》）。《综合卷》分为三章和附件：第一章以科学技术部、教育部、国家统计局、国家自然科学基金委员会、新华社等官方网站的资料文件，以WOS、ESI、OECD等数据库以及第三方权威报告中的数据信息作为客观数据来源依据，结合各学科领域专家的咨询建议，梳理2020—2021年我国科技领域学科发展的总体情况，并从宏观层面总结我国科技领域总体学科发展态势，评析学科发展存在的问题与挑战，提出促进学科发展的启示与建议；第二章以12个相关学科报告为基础，对12个学科近年的研究现状、国内外研究进展比较、学科发展趋势与展望等进行综述；第三章为12个学科发展报告主要内容的英文介绍；附件为2020—2021年与学科发展相关的部分资料。《综合卷》学科排序根据相关全国学会在中国科协的编号顺序排列。为做好《综合卷》的研究工作，中国城市科学研究会组织成立了《综合卷》专家组和编写组。专家组由中国科协学会与学术工作专门委员会及有关专家组成，编写组由中国城市科学研究会、清华大学、中国人民大学、北京理工大学的专家以及12个学会选派的学科专家组成。其中，第一章和附件由中国城市科学研究会组织开展研究工作并完成编写任务；第二章和第三章由相关学科对应的12个学会负责组织开展研

究工作并完成编写任务。

《综合卷》第一章内容是对我国 2020—2021 年学科发展相关政策、经费投入、发展成效和学科相关科技成果动态的宏观概述。由于各个数据源的学科分类标准、体系的不同和数据颗粒度不相一致，不同指标的数据难以放在相同的学科分类标准下进行比较，因此相关指标数据均采用原始数据的学科分类予以呈现。此外，由于各个学科成果众多而篇幅有限，因此第一章中的“学科发展成果与动态”一节无法将各学科重大成果一一列举。《综合卷》的第二章主要在 12 个学科发展报告的基础上综合而成，仅概括相关学科的重要进展和总体情况，难以完整地反映我国科技领域学科发展的全貌。考虑到编写时间仓促，数据统计口径众多，任务量大，虽经多方努力，仍难免存在问题或遗憾，敬请广大读者谅解并指正。在此，谨向所有为《综合卷》编写付出辛勤劳动的专家学者和工作人员表达诚挚的谢意！

本书编写组

目 录

丛书序 中国科学技术协会
前言 本书编写组

第一章 学科发展综述

第一节 学科建设进展3
第二节 学科发展成果与动态 60
第三节 学科发展问题与挑战100
第四节 学科发展启示与建议 107

第二章 相关学科进展与趋势

第一节 身管兵器技术117
第二节 航空科学技术122
第三节 桥梁工程128
第四节 工程热物理136
第五节 风景园林学145
第六节 微纳机器人科学与技术150
第七节 岩石力学与工程159
第八节 中医疫病学167
第九节 生物化学与分子生物学177
第十节 生物医学工程182
第十一节 城市科学190
第十二节 智能科学与技术207

第三章 相关学科进展与趋势简介（英文）

1 Tubular Weapons Technology	215
2 Aviation Science and Technology	224
3 Bridge Engineering	227
4 Engineering Thermophysics	235
5 Landscape Architecture	238
6 Micro-Nano Robot Science and Technology	239
7 Rock Mechanics and Engineering	242
8 Traditional Chinese Medicine Epidemics	254
9 Biochemistry and Molecular Biology	256
10 Biomedical Engineering	258
11 Urban Science	264
12 Intelligent Science and Technology	270

附件

附件 1：2019 年分行业规模以上工业企业研究与试验发展（R&D）经费情况	281
附件 2：国家重点实验室名单	282
附件 3：53 个省部共建国家重点实验室名单	291
附件 4：99 个企业国家重点实验室评估结果	293
附件 5：未开展评估的 79 个企业国家重点实验室名单	296
附件 6：“十三五”教育部重点实验室评估优秀类名单	300
附件 7：自然资源部重点实验室建设名单	302
附件 8：2020 年度国家绿色数据中心名单	304
附件 9：2020—2021 年香山科学会议学术讨论会一览表	306
附件 10：2020 年度国家最高科学技术奖获得者名单	308
附件 11：2020 年度国家自然科学奖获奖项目名称	308
附件 12：2020 年度国家技术发明奖获奖项目名称	310
附件 13：2020 年度国家科学技术进步奖获奖项目名称	311

附件 14：2020 年度中华人民共和国国际科学技术合作奖获奖项目名单	315
附件 15：2020—2021 年未来科学大奖获奖者名单	315
附件 16：2020 年度“中国科学十大进展”	316
附件 17：2020 年度“中国十大科技进展新闻”	316
注释	317

第一章

学科发展综述

第二章

相关学科进展与趋势



高分子及金属材料等。同时，为达到精准微创的手术置入修复，智能化器械和手术机器人都有很大的创新空间。

本节撰稿人：王广志、彭屹

第十一节 城市科学

一、（新）城市科学

（一）引言

以互联网产业化和工业智能化为标志、以技术融合为主要特征的第四次工业革命正以一系列颠覆性技术深刻地影响和改变着我们的城市：人们的思维方式从传统的机械思维向大数据思维转换，认知方式也逐渐向虚实结合的体验过渡，而我们赖以生存的城市，其资源利用、社会状况和空间利用也正经历着一系列变革。随着以计算机技术和多源城市数据为代表的新技术和新数据的迅猛发展，（新）城市科学以深入量化分析与数据计算途径等研究模式为依托，在过去的十几年间逐渐兴起。传统的城市科学更多地体现为基于静态的、截面的和系统论视角的“区域科学”。致力于解读和认识“新”城市的（新）城市科学，运用的则是过去 20~25 年内发展出来的新技术、新工具和新方法，具有演进性和复杂科学特性，以及更强烈的离散性和自下而上的学科思想。

（二）本学科近年的最新研究进展

1. 基于大数据与开放数据的城市新表征认知

随着互联网技术的发展，人在城市中的多种行为都逐渐由“实体空间”转移到“虚拟空间”，如网络购物、线上打卡消费、运用社交媒体进行探店等。这种变化日益明显，使得相关研究者不得不从理论层面上重新审视城市的实体空间和虚拟空间之间的关系。大量的学者关注于商业空间，希望探究虚拟空间以及人在虚拟空间的行为如何对实体商业空间产生影响。他们运用淘宝、小红书、微博、大众点评等城市新数据刻画了某些城市功能的

空间分布规律, 并发现: 虚拟空间的可达性已经对商业空间的腹地范围、空间分布形态等因素产生了重要影响; 虚拟空间的网购行为不仅刺激了消费需求的增长, 也催生了更多的城市消费娱乐休闲空间。虚拟世界和现实世界的互动、互构、共生及其对城市的影响, 是当下城市科学方向的热点问题之一。

2. 运用新技术、新方法对城市空间的研究

城市是一个复杂巨系统, 传统的研究方法难以全面、客观、深刻地对城市的发展规律进行分析和把控, 这大大限制了传统城市科学的发展。近些年来, 以互联网、人工智能等新技术为标志的第四次工业革命, 不仅提供了海量城市数据, 为城市研究提供了新的视角, 也带来了小型化、高算力的计算机, 为城市科学的研究者提供了可行的分析工具。同时, 复杂科学、人工智能等领域的新理论、新方法也为城市研究提供了新的理论和技术支持。这些方法是演进的、复杂科学的方法, 其背后往往是自下而上的、离散型的视角。深入的量化分析与数据计算途径, 为研究不同的城市问题提供了新的学科模式。具体说来, 运用新方法、新数据对城市空间的研究可以分为以下几个方面。

(1) 大数据支撑的城市空间分析研究

诸多科研团队运用手机信令等新数据, 对城镇等级、人口分布、城市内部空间结构等方面进行了深入的研究。许多新的研究与新的方法也同城市规划实践得到了紧密的结合, 城市总体规划、城市设计中也出现了新的思路和新方法, 如在《广州市城市总体规划(2017—2035年)》中, 手机信令等新数据为构建城市人群活动模型、优化城市空间结构提供了重要的数据支撑;《青岛市城市环境总体规划(2016—2030年)》中也提出要积极构建信息化平台, 支持规划的实施与评估修订。

国内大量学者致力于此方向, 撰写了多本高质量著作, 如南京大学的甄峰所编著的《基于大数据的城市研究与规划方法创新》, 初步构建了大数据与跨尺度城市空间分析研究的理论框架, 同时也指出了未来城市发展的重点突破方向; 清华大学的毛其智和龙瀛编著的教材《城市规划大数据理论与方法》, 是本方向重要的教材, 已成为规划教育专业知识板块的重要授课媒介和参考工具。

(2) 人本尺度的城市形态研究

近些年, 在中国经济高速发展和大规模城市建设的背景下, 城市空间活力不足、空间失序等问题广泛出现。而城市大数据和新数据的出现为大规模测度城市空间品质提供了可能。部分学者运用城市关注点数据、街景图片数据等, 对于城市的空间失序程度进行评估, 测度了影响空间活力和空间品质的要素, 并精准地识别出空间品质不足的原因以及空间失序的具体场所。在相关研究的推动下, 人本尺度城市形态理论不断发展, 为支持城市空间品质的提升提供了理论基础。

(3) 城市模拟仿真的分析工具运用

计算机与人工智能领域的发展, 催生了城市模拟仿真这一前沿领域。当下, 部分前沿的学者基于城市大数据, 对城市个体行为进行了深入的认知与分析, 运用机器学习等其他

领域的知识与方法,在城市尺度上模拟了大量人群的空间分布状态。在城市中,人的存在带来了能源、交通、安全等方方面面的需求,研究者进一步从人的需求出发,对城市交通系统、城市供水系统、城市电力系统等城市子系统进行了仿真模拟,初步构建了智能化的“城市模拟器”。城市模拟仿真研究能够对现有的城市理论进行检验与分析,同时为城市应急管理、城市发展评估等方面提供了有利的分析工具。

3. “未来城市”:面向创造的城市研究

城市的未来将会以何种形式呈现?我们应当如何应对未来可能出现的城市问题?从古至今,这两个关键的问题一直伴随着城市的发展与转变。当下,国内外诸多知名的学术团体、企业、设计机构等都高度关注这一问题,如谷歌母公司 Alphabet 旗下的人行道实验室(Sidewalk Labs)提出了在多伦多建设未来的智慧社区;清华大学同丰田集团成立清华大学-丰田联合研究院,并将在未来城市方向作出持续探索。然而对于未来的思考与预测无法在当下被证伪,因此这并不是一个严格学术问题。面对单纯的“认知”未来城市的不可能性,研究者提出了“预测未来最好的方法就是创造未来”这一论断,并将未来城市的研究与实践概括为认知、预测、创造三个步骤。

研究路径和研究领域上,相关学者将有关未来城市的高水平研究与实践概括为数据实证、未来学想象、工程技术、空间设计四条主要路径,并进一步提出了六个未来城市研究与实践的重要领域,即交通、能源、通信(ICT)、环境(生态)、健康和城市公共服务^①。

对于如何更好地预测和创造未来城市,学者也达成了一定的共识。第一步,即提炼未来城市的原型。虽然城市作为一个复杂系统,其在未来的发展无法被精准地预测,但依旧可以从发展趋势中窥探未来的趋势特征,用“原型”对其进行提炼概括。在原型的基础上,需要进一步探索未来的城市设计路径。空间干预、场所营造与数字创新(Spatial Intervention, Place Making and Digital Innovation,以下简称 SIPMDI)相结合是目前行之有效的一种手段。在城市发展模式方面,近期研究也关注到科技公司、零售商、开发商等多元社会力量对于城市发展的影响与贡献,学者也提出了自上而下的顶层设计和自下而上的积极合作相结合的未来城市创造路径。

(三) 本学科国内外研究进展比较

1. 相关研究学派

当今,处于急剧变化中的城市急需与之对应的理论、研究范式及技术方法,以有效指导人们更科学地理解城市的本质和发展进程,并更准确地预测城市规划方案和发展政策对于城市发展的干预结果。(新)城市科学与复杂科学有着密不可分的关系。20世纪80年代以来,在自然科学及社会科学中一直盛行的复杂运动泛指利用复杂、非线性及非均衡系

^① 武廷海,宫鹏,郑伊辰,等.未来城市研究进展评述[J].城市与区域规划研究,2020,12(02):5-27.

统相对于简单、线性及均衡系统所进行的观念革新^①。与(新)城市科学相关的复杂科学学派包括:以美国圣塔菲研究所为代表的复杂科学学派,以美国城市及区域规划专家路易斯·霍普金斯为首的伊利诺规划学派,以及以迈克尔·巴蒂为代表的城市科学学派^①。霍普金斯将城市系统的复杂性归纳为相关性、不可分割性、不可逆性和不完全预见性,并据此提出了制定城市发展计划的逻辑^②。而巴蒂则指出:城市是一个以自下而上发展为主的复杂系统,其规模和形态遵循因空间争夺而导致的扩展规律;认识城市不仅仅是理解城市空间,还需要理解流动和网络如何塑造城市^③。巴蒂在复杂科学的基础上对城市科学中的区域科学及城市经济学内涵加以系统整理,称之为“新城市科学”(New Science of Cities)^④。

新加坡苏黎世联邦理工学院中心未来城市实验室的前负责人彼得·爱德华于2016年提出“新城市科学的目标是使城市更加可持续、更具韧性、更加宜居”^⑤。美国学者安东尼·汤森德认为,新城市科学应该具备三个基本特征:两种传统研究方法的对抗(即探索城市个性化的描述性研究方法 with 揭示影响城市结构和动态的共同过程的演绎研究方法)、多学科理论方法的支撑以及数字技术的研究与应用^⑥。

我国对于新城市科学的研究起步稍晚于国外,研究内容包括新数据,新技术下的城市设计范式的改变,如龙瀛等提出数据增强设计(Data Augmented Design,以下简称DAD),认为定量城市分析为驱动的规划设计方法,可以通过精确的数据分析、建模、预测等手段,为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具,以数据实证提高设计的科学性,并激发规划设计人员的创造力^⑦。叶宇认为,在新城市科学所带来的多种新技术和新数据的支持下,当前城市设计所面临的难点逐渐具有了革新的可能^⑧。全数字化城市设计(All-Digital Urban Design)^⑨等概念和应用也不断出现。另外,关于新

① Lai S. Facing Complex Planning [J]. Urban Development Studies, 2018, 25 (07): 84-89.

② Hopkins L D. Urban development: The logic of making plans [M]. Washington: Island Press, 2001.

③ Batty M. Artificial Intelligence and Smart Cities [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2018, 45 (01): 3-6.

④ Batty M. Artificial Intelligence and Smart Cities [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2018, 45 (01): 3-6.

⑤ Edwards P. What Is the New Urban Science? [EB/OL]. (2016-01-13). <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-new-urban-science>.

⑥ Townsend A. Cities of data: Examining the new urban science [J]. Public Culture, 2015, 27 (02): 201-212.

⑦ 龙瀛, 沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变 [J]. 上海城市规划, 2015 (02): 81-87.

⑧ 叶宇. 新城市科学背景下的城市设计新可能 [J]. 西部人居环境学刊, 2019, 34 (01): 13-21.

⑨ 杨俊宴. 全数字化城市设计的理论范式探索 [J]. 国际城市规划, 2018, 33 (01): 7-21.

城市的研究,还包括关注城市本身的变化^①,以及未来城市,包括未来城市研究的范式与路径^{②③④},未来城市的核心概念与模式设想^⑤等。

2. 相关研究机构

目前,全球范围内已涌现多家聚焦于(新)城市科学的研究机构,并引起了欧美众多知名院校的高度重视(图2-11-1)。

1)麻省理工学院媒体实验室城市科学工作组:成立于1985年,致力于融合科技、媒体、科学、艺术和设计的跨学科研究室。其城市科学工作组以职住地研究、城市建模/模拟和预测,以及移动性需求研究为主。

2)麻省理工学院感知城市实验室:成立于2004年,旨在从多学科视角描述和解读城市建成环境中的新变化,并通过设计途径及开发相关城市研究工具更好地了解城市,同时也让城市更好地感知到我们自己。

3)新加坡苏黎世联邦理工学院中心未来城市实验室:于2010年创立,其研究领域包括建筑与数字建造、城市设计策略与资源、城市社会学、景观生态、移动及交通规划、模拟平台和人居环境等。

4)新南威尔士大学建成环境学院城市分析实验室:成立于2018年,以支持协作城市规划 and 开展以用户为中心的设计为目标,旨在营建可持续、高效、宜居且具有韧性的未来城市,并为研究与城市规划和设计相关的决策过程提供机会。

5)芝加哥大学城市计算与数据中心:建立于2012年,物理和工程科学与社会科学、经济学和政策相结合,开发计算研究工具并积极促进研究者、政府机构、建筑公司、私营企业和公民志愿者的联合协作,共同理解并改善城市。

6)纽约大学城市科学与发展中心:建立于2012年,其将纽约市作为研究场所和研究对象,关注城市信息化领域,研究主题涵盖数据科学、城市运转、市民科学、数据可视化、建成环境、可持续性等方面。

7)哥伦比亚大学空间研究中心:成立于2015年,将设计、建筑、城市规划等学科与人文科学和数据科学相联系。其为围绕数据可视化、数据收集和数据分析等新技术开展的研究和教学活动提供支持。

8)伦敦大学学院巴特莱特高级空间分析中心:建立于1995年,研究焦点为空间分析

① 龙瀛. (新)城市科学:利用新数据、新方法和新技术研究“新”城市[J]. 景观设计学, 2019, 7(02): 8-21.

② 武廷海, 宫鹏, 郑伊辰, 等. 未来城市研究进展评述[J]. 城市与区域规划研究, 2020, 12(02): 5-27.

③ 秦萧, 甄峰, 魏宗财. 未来城市研究范式探讨——数据驱动亦或人本驱动[J]. 地理科学, 2019, 39(01): 31-40.

④ 张京祥, 张勤, 皇甫佳群, 李楠. 未来城市及其规划探索的“杭州样本”[J]. 城市规划, 2020, 44(02): 77-86.

⑤ Jean-Pierre Orfeuil, Mireille Apel-Muller, 祖源源. 自动驾驶与未来城市发展[J]. 上海城市规划, 2018(02): 11-17.

技术和仿真模型在城市和地区尺度的应用和可视化。运用新城市科学对各类城市问题进行模拟和可视化。其研究领域包括城市交通与人口、气候变化、物联网设施布局等。

9) 昆士兰科技大学设计实验室城市信息中心：成立于2006年，通过整合人文科学和社会科学、设计、规划和建筑、人机交互、信息技术和计算机科学等学科，关注不同建成环境下的城市体验的研究、设计和实践。

其他国际（新）城市科学相关研究机构还包括：日本东京大学于1998年成立的空间信息科学中心；创立于2004年的卡洛·拉蒂设计工作室；2012年由伦敦大学学院、帝国理工学院及英特尔公司共同创建的英特尔可持续联结城市联合研究中心；2014年由荷兰代尔夫特理工大学、瓦格宁根大学与麻省理工学院联合创建的阿姆斯特丹高级大都市研究中心；2014年由英国经济与社会研究委员会资助成立的格拉斯哥大学城市大数据中心；于2014年建立的美国卡内基梅隆大学21世纪大都市智能城市研究中心；斯坦福大学于2016年成立的空间研究中心。

我国（新）城市科学相关研究机构包括：成立于2012年，由中国城市科学规划设计研究院与中国城市科学研究会联合建立的数字城市工程研究中心和智慧城市联合实验室；于2013年成立的北京城市实验室开设的诸多基于新数据、新方法和新技术的城市空间认知和数据增强设计研究；成立于2019年的中国城市科学研究会城市数据安全管理中心等。

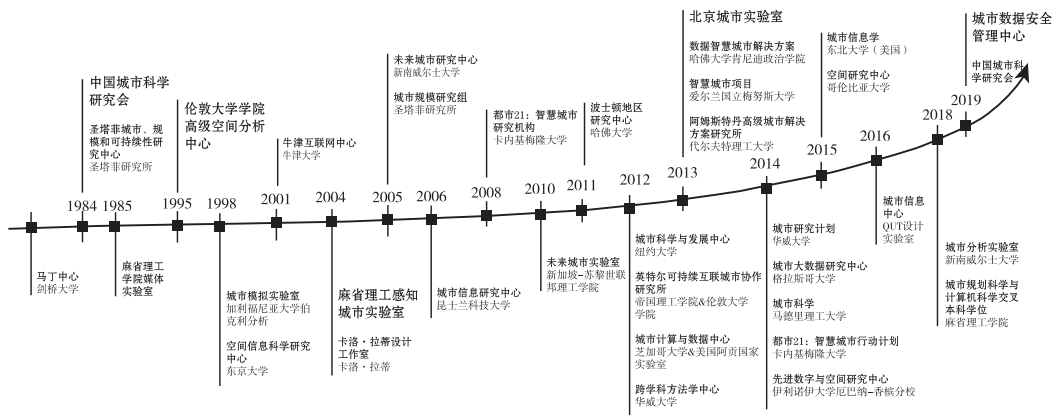


图 2-11-1 国内外新城市科学相关研究机构^①

3. 相关学位课程

近年来，国内外院校纷纷设立与（新）城市科学相关的学科及学位（表2-11-1）。其中，2018年5月16日，麻省理工学院批准设立城市科学/规划与计算机科学联合学士学位，获得全球学者与相关从业者的高度关注。在传感网、大数据、量化分析、交互式通信和社

^① 改绘自：龙瀛.（新）城市科学：利用新数据、新方法和新技术研究“新”城市[J]. 景观设计学, 2019, 7(02): 8-21.

交网络、分布式智能、无人驾驶、重点基础设施物联网、生物识别、共享经济等一系列技术革新给城市带来深刻变革这一大背景下，此学位的设立旨在通过整合城市规划和公共政策、设计和可视化、数据分析、机器学习、传感网技术、机器人技术、新材料以及其他计算机科学和城市规划领域的相关内容，以一种前所未有的方式理解城市和城市数据，并重塑现实世界。

相比国外，我国院校目前尚缺乏与（新）城市科学相关的课程（表 2-11-2）。2018 年秋，清华大学建筑学院开设了新城市科学本科生课程，成为中国首个开设（新）城市科学相关课程的城乡规划专业院系，引发了学界的广泛关注。

经过对国内外研究学派、研究机构和相关课程的梳理，能够看出（新）城市科学正在世界各地以各种形式涌现。国际机构的研究背景多基于多学科的交叉，研究内容包括定量城市研究，新技术对城市的影响，以及面向未来的城市空间以及多主体参与的城市研究。而国内对于新城市科学的研究还较为滞后。

同时，部分学术研究和研究机构虽然冠以“城市科学”之名，但实际上研究的还是老/旧的城市，而非深受第四次工业革命影响的“新”城市，这也是近期这一学科需要改变的现状问题之一。

表 2-11-1 国内外新城市科学相关学位与科研院所

	院校	院系	学位 / 科系	类别
学位	南加利福尼亚大学	维特比工程学院 / 达纳与大卫·多恩西夫文理学院	空间数据科学理学硕士	数据科学
	哈佛大学	计算机科学与统计学院	数据科学硕士	
	康奈尔大学	统计和数据科学系	专业研究硕士	
	加利福尼亚大学伯克利分校	信息学院	信息管理与系统硕士	
	杜克大学	—	跨学科数据科学硕士	
	卡内基梅隆大学	计算机学院	计算数据科学硕士	
	弗吉尼亚大学	数据科学学院	数据科学硕士	计算机科学
	宾夕法尼亚大学	工程与应用科学学院	计算机与信息技术硕士	
	南加利福尼亚大学	计算机科学学院	计算机科学硕士	
	卡内基梅隆大学	建筑学院	计算设计理学硕士	计算设计
	麻省理工学院	建筑与规划学院	建筑研究科学硕士	
	麻省理工学院	城市研究与规划系 电气工程与计算机科学系	城市科学与规划科学与计算机科学学士学位	



续表

	院校	院系	学位 / 科系	类别
学位	伦敦大学学院	巴特莱特高级空间分析中心	智慧城市和城市分析硕士	城市信息学
	格拉斯哥大学	城市大数据中心	城市分析硕士	
	纽约大学	纽约大学城市科学与进步中心	应用城市科学与信息科学硕士	
	东北大学（美国）	公共政策与城市事务学院	城市信息学硕士	
	马德里理工大学	工程和建筑学院	城市科学硕士	
	新南威尔士大学	建筑环境学院	城市分析硕士	
科研院系	宁波大学	土木与环境工程学院	城市科学	城市科学
	上海师范大学	环境与地理科学学院	城市科学与区域规划	
	北京联合大学	艺术与科学学院	城市科学	

表 2-11-2 国内外新城市科学相关课程

院校	课程
新南威尔士大学	数字城市（短期课程）
苏黎世联邦理工大学	理解未来城市：方法论（定期课程）
苏黎世联邦理工大学	信息架构与未来城市：响应型城市（定期课程）
加州大学伯克利分校	UrbanSim 云平台介绍（在线课程）
加州大学伯克利分校	城市数据科学导论
伦敦大学学院	空间数据科学与可视化（硕士课程）
伦敦大学学院	高级空间分析（硕士 / 博士课程）
新南威尔士大学	地理信息系统与城市信息学（短期课程）
华威大学	大数据与数字未来（硕士课程）
华威大学	城市分析和可视化（硕士课程）
代尔夫特理工大学	城市生活实验室（硕士课程）
清华大学、韩国延世大学和韩国浦项科技大学	未来城市：智慧城市与可持续发展
纽约大学	数据挖掘、预测分析和大数据
纽约大学	城市科学强化（硕士课程）
清华大学	大数据与城市规划
清华大学	新城市科学

（四）本学科发展趋势和展望

1. 深入挖掘大数据在城市科学的应用

大数据时代的到来让我们对事物的判断，从复杂的模型工具的支持，过渡到基于简单直观方法的大规模数据分析。大数据除了提供数据源，也提供了新的工作思维（大数据思维）。城市科学因为其空间性和面向未来的特点，利用大数据支持学科发展已经得到了很多认可，大数据让我们能够研究原来没有能力分析的尺度，特别是人本尺度^①，也让我们有能力认知更大范围的建成环境（如整个城市、一个国家的所有城市，甚至全球范围）。此外，大数据的出现，让建成环境特别是城市规划的新技术方面的应用得到了很大提升。但仍需从以下三个方面深入挖掘大数据在城市科学中的应用。

（1）面向当下的大数据与面向未来的城市模型相结合

随着未来大数据的不断积累和城市模型的理论方法不断完善，面向未来应用的城市模型与面向现状及短暂历史的大数据分析结合，有助于支持对城市更为长远和精细化的研究，实现高频城市 and 低频城市研究的兼顾，具有更大应用前景。

（2）从爬取、购买到基于建成环境主动采集数据

基于互联网平台的大数据作为人类日常活动的“废气”，具有人群类别和数据采集的有偏性，且不完全满足城市研究尤其是精细尺度城市研究的需求。因此，城市研究不应只局限于这些开放平台或商业平台的数据，有必要针对特定的研究问题，开发基于各类传感器的大范围、低成本、人本尺度的主动城市感知方法（包括移动感知和固定感知方法），收集建成环境、自然环境及社会环境的数据，为城市规划、设计、管理及运营提供基础数据支撑^②。

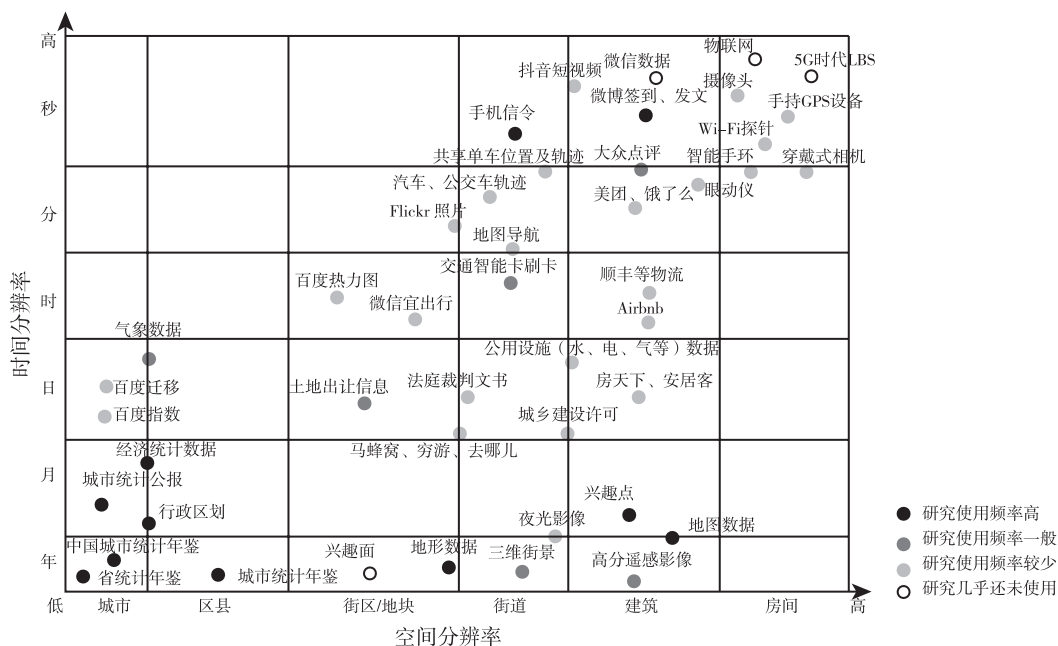
（3）从宏观和中观尺度研究转为微观尺度研究

用大数据研究宏观和中观尺度已经相对比较成熟，往往研究微观/小尺度的空间，如口袋公园、建筑物之间的开放空间很有挑战，而正是这种人本尺度的空间承载了人们的日常生活，城市科学家有必要更好地研究人的尺度的空间。随着万物互联和 5G 时代的到来，建成环境领域将迎来空间分辨率更为细致的、来自物联网和穿戴式设备等的“超级”大数据，这种数据有望超越建筑内外、建成环境与自然环境的界限，让我们看到人本尺度更为客观的空间规律，支持建成环境的研究、设计、运行监测和评估，如图 2-11-2 右上角所示^③。

① 龙瀛，叶宇. 人本尺度城市形态：测度、效应评估及规划设计响应[J]. 南方建筑, 2016(05): 41-47.

② 龙瀛，张恩嘉. 数据增强设计框架下的智慧规划研究展望[J]. 城市规划, 2019, 43(08): 34-40+52.

③ 龙瀛，毛其智. 城市规划大数据理论与方法[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2019.

图 2-11-2 不同类型城市空间大数据的时间和空间分辨率一览^①

2. 进一步提高城市空间研究的科学性

城市科学的发展尚在起步阶段，例如关于城市特别是城市空间的定理、公理、法则、普世规律甚至是公式都有什么，学界、业界和决策界内部和跨界的共识又是什么，以上问题的答案尚不明确，这也制约着用理论来指导实践。城市科学发育程度的局限，归于全球的城市样本数量有限、观察城市的手段有限造成数据积累少、拿城市做实验复杂且成本高，以及诸多致力于发展城市科学的实验不易相互对话。为促进学科的发展，城市科学亟须进一步提高科学性。

（1）完善城市定义，避免出现尺度错配等基本问题

要开展中国的城市研究，首先应厘清定义层面的基本问题，比如武汉到底是一个城市，还是多个城市，实际上中国城市行政地域的范围往往远大于其实体地域或功能地域。多数研究采用行政视角的城市范围来开展城市研究，这势必造成多数时候研究的都是区域。将城市理论用于研究所谓的“区域”，势必造成尺度上的错配，难免漏洞和问题百出。因此，作为发展城市科学的关键环节，亟须从实体角度和功能角度对中国城市进行重新定义。

（2）完善科学共同体，保证每项研究都能有科学增量

不少建成环境方面的研究成果，有宏大叙事型、有研究报告型、有似是而非型，多数“实验”无法重复，更谈不上证明/证伪。不同城市、不同方向的研究很多，但很难整

^① 龙瀛. 颠覆性技术驱动下的未来人居——来自新城市科学和未来城市等视角[J]. 建筑学报, 2020 (Z1): 34-40.

合到一起归纳为这个方向的核心进展。近年来,在经济学等领域,自然实验已经开始流行起来^①。城市科学领域也开始呼吁将城市视为实验室,利用各类信息通信技术设施对其进行干预、实验和观察。在未来城市科学需要秉承“城市实验室”(City Lab)的原则,完善学科的科学共同体(如共同研究一个城市、共同使用一套数据、共同关注一个小方向等),保证每个研究都能够有“科学增量”,提高城市研究的科学性。

3. 关注新的城市变化,探索未来城市空间

目前国内建成环境领域的多数大数据、人工智能应用同样多属于方法层面的探索,而少有研究考虑到城市这一研究客体的变化,即仍然在研究“老城市”。而考虑到一系列颠覆性技术对城市空间、个人生活、城市生产和休闲环节产生的巨大影响,应鼓励研究“新城市”的科学,即从认识论和本体论层面上充分认知研究客体的根本性变化,研究新生活、新空间和新城市,而不能仅局限于方法层面的创新。只有这样,才能更有效地支持建成环境学科将研究成果转译为面向未来的“新城市”的创造(否则研究的也是“历史上的城市”)。

(1) 积极探讨未来城市的空间原型

当下的城市运行方式无论是居住、就业、休闲还是交通,都受到颠覆性技术的影响,发生了非常深刻的变化。空间作为容器,装载社会生活,也在发生剧烈的演变。当我们简单地回顾过去的十年,能够甄别出城市空间和城市运行方式发生的多维度的系统性变化,根据未来推演,未来的城市空间受到技术的塑造将更为强烈,在可以预见的未来如3~5年,不变的应该只有科技对日常生活和城市空间的影响,以及人类对自然的追求。我们正处于十字路口,面对城市发展与技术影响,城市科学更应积极应对,思考未来城市空间的具体图景及其实现路径。

(2) 多元主体共同支持未来的城市设计

空间干预、场所营造与数字创新作为未来设计的潜在转型模式,有望促进城市空间的智慧化,实现智慧城市的空间投影。将数字创新融入设计的核心过程,也将规避/解决目前大数据分析、城市模型和规划支持系统支持规划设计,多数应用场景是“研究”与“设计”两张皮的局面/问题^②。对于SIPMDI理念,还应强调多方力量的融入,尤其是与数字技术团队的合作,对城市空间的规划、设计、管理与营造不再只是规划师、设计者及城市管理者的工作,科技公司或者设备提供商等力量也将参与其中,提供交互设施、管理中台或者智慧技术解决方案等^③。

① LOBO J, ALBERTI M, ALLEN-DUMAS M, et al. Urban Science: Integrated Theory from the First Cities to Sustainable Metropolises [EB/OL]. (2020-01-13). <https://ssrn.com/abstract=3526940> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3526940>.

② 龙瀛,沈尧.数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J].上海城市规划,2015(02):81-87.

③ 张恩嘉,龙瀛.空间干预、场所营造与数字创新:颠覆性技术作用下的设计转变[J].规划师,2020,36(21):5-13.



二、健康城市

(一) 引言

公共健康是现代城市规划中一个悠久并将持续存在的议题,现代城市规划的缘起即是为了应对快速工业化和城市化过程中的公共健康问题^①。随着近三十年城市公共健康问题愈发凸显,特别是慢性非传染性疾病发病率及死亡率大幅上升、心理健康及精神疾患问题日益普遍,全球范围内健康城市研究和实践在整体上推动了多个学科通过高要求和新视角重新关注公共健康。我国在2015年提出“健康中国”战略,并提出要把健康城市建设作为推进健康中国发展的重要抓手。新时期的健康事业,已从传统的“身体健康”扩展到“身体健康、心理健康、社会行为健康”等多维健康观,强调预防为主,从广泛的健康影响因素入手,把健康融入所有政策。

2016年以来,《柳叶刀》等国际著名医刊和《科学通报》等国内重要期刊多次推出“健康城市”专题,从多学科视角探索城市公共健康水平的提升成为国内外前沿热点领域。对于健康城市学科发展进行系统研究,比较国内外差异,预测新问题,布局新方向,充分发挥学科战略引领作用,是当前城市科学学科发展的重要使命。本报告针对近年来健康城市研究进展与热点问题系统化梳理,探讨学科发展历程及其所取得的学科建设成就,基于国内外比较分析进行发展趋势判断和研究展望,并提出我国在本学科领域的发展方向和对策建议。

(二) 本学科近年研究进展

1. 多维健康观视角下的环境健康影响研究

(1) 城市环境对心理健康的影响研究

在多维健康观的影响下,近年来对城市环境对心理健康和精神疾患方面的影响受到了越来越多的关注。许多学者认为,快节奏的城市生活环境充满了不良的心理社会影响,这些影响结合起来可能形成某种“社会毒性”环境,导致易感个体产生慢性应激反应,进而影响心理健康和神经发育。城市生活环境中短促多变的社会关系、相对破碎的家庭结构和社交网络、互联网时代的社交远程化导致的社会支持减少和社会隔离增加、社会经济差距增大给弱势群体带来的社交挫败和失控感、竞争加剧导致的社会合作减少等多种社会风险因素都可能带来负面心理影响,此外,拥挤的城市生活环境可能触发防御反应,城市建成环境绿色空间相对较少^②,大气、噪声污染,交通拥堵等多种因素构成了城市环境心理健

^① WHO. Healthy Cities and the City Planning Process: A Background Document on Links Between Health and Urban Planning [Z]. 1999: 2-16.

^② 陈箴,翟雪倩,叶诗韵,等. 恢复性自然环境对城市居民心智健康影响的荟萃分析及规划启示[J]. 国际城市规划, 2016, 31(04): 16-26+43.

康主要影响因素。

（2）居民行为的健康影响研究

国内近年关于健康行为的研究主要描述中国民众的健康行为参与度并分析其相关的影响因素，相关因素主要包括健康饮食行为、身体活动、睡眠、吸烟、饮酒等。健康饮食方面，对我国居民的膳食构成特点、膳食摄入频率与摄入量的空间分布进行分析，总结健康饮食习惯并提出建议。身体活动方面，对不同群体的活动水平进行分析，从心理学和行为科学视角进行的干预研究日益增长，其中自我决定理论、计划行为理论、社会生态学模型是相对成熟的理论基础，从不同视角解释了人们参与或者不参与身体活动的原因。睡眠方面，则主要研究影响睡眠时间和质量的因素，包括年龄、性别、社会经济地位、价值观以及心理因素等，同时探索常见的睡眠干预措施。

2. 不同尺度的健康空间塑造研究

（1）城市群视角下的健康城市发展研究

由于城市群是一系列生态环境问题的高度集中且激化的高度敏感地区，研究多围绕城市群生态效率、绿色发展、可持续发展、低碳发展等，但以“人”为出发点探讨健康城市的研究并不多。近年来，一些学者开始探讨跨省域低碳城市群健康发展策略、系统建构城市群“互联网+医疗健康”协同发展机制等。同时，《健康上海行动（2019—2030年）》《健康北京行动（2020—2030年）》纷纷提出长三角健康一体化和京津冀健康协同发展，可为进一步推动城市群视角下的健康城市研究提供契机。

（2）城市空间视角下的健康城市研究

城市的空间要素是影响城市居民健康的重要因素，空间要素的健康导向优化可促进健康城市的实现。城市层面聚焦宏观层面的物质要素，如城市形态、土地使用和基础设施。城市对于健康的影响主要是来自城市环境（包括空气、噪声、绿地水体）、城市街道交通设计、城市住房、健康营养等资源配置，以及社会健康发展。

（3）健康社区发展研究

社区层面更多关注居民的使用需求与感受，空间尺度、居住混合、设施可达性和公共空间营造是重点。我国先后出台了《上海市健康社区指导指标》《北京市健康社区指导标准细则》《健康社区评价标准》等健康社区评价指标体系，侧重政府管理和资源投入对健康社区的实践活动具有重要的指导与监督意义。

（4）健康建筑评价标准发展研究

早在1999年，国家住宅工程中心就已开展居住与健康的相关研究，并接连发布了《健康住宅技术要点》《健康住宅建设技术规程》《住宅健康性能评价体系》。2016年，国内首个健康建筑评价标准《健康建筑评价标准》正式发布。2020年，健康建筑的内涵实现了从单体到区域的发展，《健康社区评价标准》和《健康小镇评价标准》正式发布。另外，现有多部健康建筑标准正在编制过程中。国内学者主要从健康建筑的评价标准研究、案例分析、影响因素、室内环境、健康建材、防潮及抑菌、通风技术等方面进行研究。

3. 基于城市规划要素的公共健康主动干预研究

(1) 城市规划对慢性非传染病的主动干预研究进展

目前,国内相关研究也涵盖了理论建构、基础实证和健康影响评估等方面,但研究起步较晚,存在文献数量少、涉及慢性非传染疾病类型较少以及相关实践运用仍处在探索阶段等特点。理论研究方面,学者在明确规划干预要素以及健康影响路径的基础上建构理论模型,进而对包括慢性非传染病在内的居民健康促进提供理论支持。在蓝皮书《中国健康城市报告(2019)》中指出,健康城市规划的核心本质是运用空间规划的可调整要素,通过多种路径,实现提升公共健康的目标,并总结为“四要素三路径”的理论框架。其中,四要素包括土地使用、空间形态、道路交通以及绿地和开放空间,三路径包含了减少污染源及其人体暴露风险、促进体力活动和交往、提供可获得的健康设施。实证分析方面,既有文献已反映出跨学科交叉、关心特定群体的特点,但关注的环境变量较为单一,并且分析针对慢性非传染性疾病类型较少。近几年,越来越多的学者开展了国内实证研究,主要关注呼吸健康、肥胖和脑卒中等慢性疾病,也有针对老年或青少年等群体的肥胖(或超重)研究^①。健康影响评估方面,目前,国内城乡规划领域相关研究以国外相关概念引介和案例评析为主,但也有少数学者开始探索健康影响评估工具与我国规划实践的结合路径,并开展了初步实践应用^②。

(2) 城市交通与居民健康发展研究

道路交通对公共健康的影响因素可分为机动车和慢行交通^③。从控制污染的角度,机动车的排放是空气污染的主要来源之一,通过减少机动车出行、鼓励慢行交通,可降低污染的产生。从促进锻炼的角度,推广步行和骑行的出行方式有益于减少肥胖、高血压、糖尿病和心血管疾病。但机动车和慢行交通线路的重叠将增加人体对污染物的暴露剂量(或污染暴露度),即人体所吸入的颗粒物剂量,需要通过一定的设计减轻此类污染物对慢行出行者的影响。

(3) 城市景观与居民健康发展研究

近年来,国内的研究集中在城市景观对居民健康的影响机制方面^④。后疫情时代,中国将进入新公共卫生发展阶段,相关研究热点主要聚焦居民健康的规划设计、管理运行和跨学科研究。规划设计方面,社区绿地是需要关注的重点;管理运行方面,发展趋势为通过运营公共健康活动项目和构建智慧管理体系来提供更完善的公共健康改善和卫生防疫服务;跨学科研究方面,居民健康包含了多方面的学科内容,涵盖医学、历史、社会、经

① 杨秀,王劲峰,类延辉,等.城市层面建成环境要素影响肺癌发病水平的关系探析:以126个地级市数据为例[J].城市发展研究,2019,26(07):81-89.

② 王兰,凯瑟琳·罗斯.健康城市规划与评估:兴起与趋势[J].国际城市规划,2016,31(04):1-3.

③ 王兰,廖舒文,赵晓菁.健康城市规划路径与要素辨析[J].国际城市规划,2016,31(04):4-9.

④ 李翅.健康与韧性理念下应对突发性公共卫生事件的空间规划策略[J].风景园林,2020,27(08):114-119.

济、地理等方面的知识,其研究目的在于为多学科的互相借鉴与融合提供基础,继而推动我国以健康为导向的风景园林的快速发展。

4. 面向全生命周期的健康城市发展研究

(1) 老年人居环境发展研究

目前的研究主要集中在老年人的空间分布、社会空间特征、交通出行、居住空间环境、老年人居住环境的空间发展模式以及影响老年人健康的建成环境因素等方面。在老年人健康与建成环境关系的研究中,重点针对建成环境对老年人生理健康和体力活动的影响与作用机制进行探究,主要包括密度、土地利用混合度、设计、距公交站距离和设施可达性、可步行性、城市蔓延、食品环境等。

(2) 儿童人居环境发展研究

近年来,对我国学龄儿童的研究显示,儿童超重、肥胖检出率持续上升,与体力活动不足有着密切关系。学龄儿童体力活动的影响因素具有多维性,包括个体因素(性别、体重、年龄、生活习惯及技能、情绪感知等)、社会因素(家庭、学校、朋友、政策等)、建成环境因素(公共设施、交通环境、土地混合利用、居住密度等),且这些多维因素之间相互影响,营造利于提升儿童健康水平的健康空间迫在眉睫。

(三) 本学科国内外研究进展比较

由于健康城市实践历程的不同,国内外健康城市在研究方法、主要研究内容等方面均存在较大差异。

总体而言,国内研究起步晚于国外,且在数量和深度上不及国外水平。根据相关学者总结,国外健康城市的研究从20世纪80年代开始,第一阶段(20世纪80年代中后期)是健康城市理念的萌芽和实践探索时期,为健康城市建设在全球的开展奠定了早期的认知基础。第二阶段(20世纪90年代)是内涵丰富与实践扩展的时期,这一时期健康城市的定义得以明确,并颁布了相关指南;与此同时,一系列相关指南构建了从目标设定到建设步骤,再到评估测度的流程范式,给地方实践提供了最初的技术支持。第三阶段(21世纪第一个10年)是健康城市全球实践与健康影响评估开展的时期,健康影响评估(Health Impact Assessment,以下简称HIA)逐渐成为一项重要政策工具被运用于健康城市规划和建设之中,进一步促进了健康理念的融入。第四阶段(21世纪第二个10年)是规划实践持续推进与HIA深度应用的时期。而我国健康城市实践和研究与党和国家发展战略及政策息息相关,大致分为四个阶段。第一阶段(2000年之前),为健康城市研究的探索与起步阶段,包括健康城市概念的引入,研究主要集中在对国外健康城市理论的总结与国内健康城市试点建设研究;第二阶段(2000—2009年),在经历了如“非典”为代表的公共卫生事件后,相关文献涌现,研究进入了平稳发展期;第三阶段(2010—2016年),研究进入了快速发展期,基于新理念、新技术,围绕着城市环境、人体疾控、社会政策等展开研究;第四阶段(2016年之后),进入了空前繁荣期,研究不再集中于城市功能及生态环境的健

康化,开始重视公共政策对健康的促进,健康建筑、健康社区等健康单元塑造,并与信息化技术广泛结合(图2-11-3)。

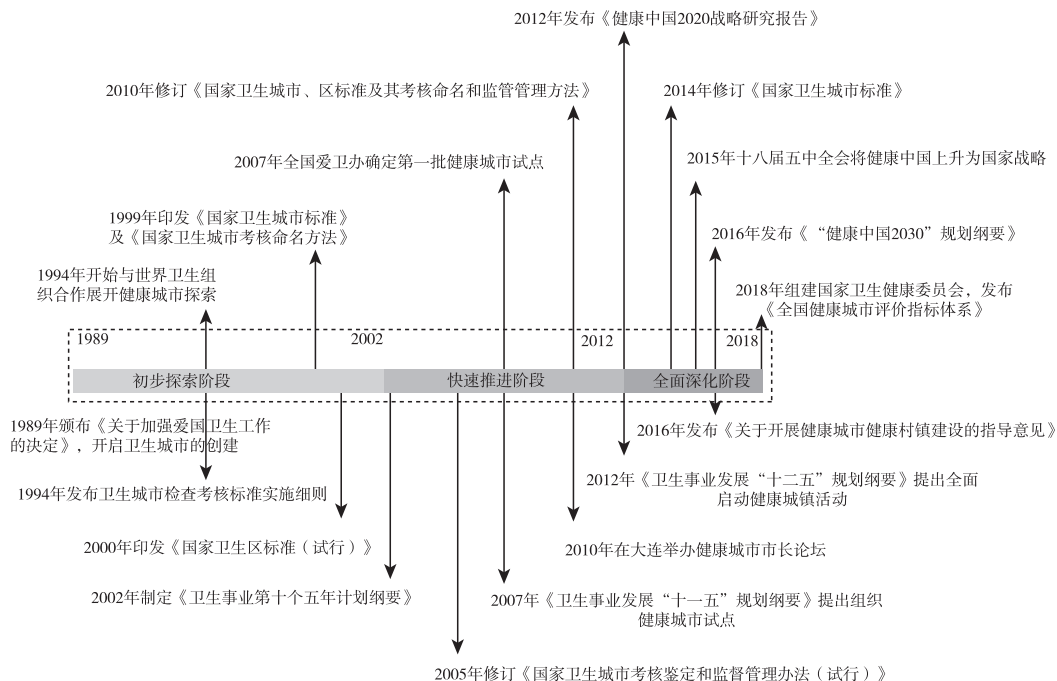


图 2-11-3 我国健康城市建设与发展战略政策的关系^①

就研究方法而言,国际上对于人居环境空间的研究,已体现为现代前沿科学技术的全面渗透与植入,尤其是遥感、地理信息系统、全球定位系统技术已全面应用于研究人居环境中宏观、微观要素的知识挖掘、规律分析和决策指导。而国内研究多数停留在初步的量化分析层面,技术手段的单一和分析模型的欠缺使得人居环境空间研究成果不成体系,与国外研究的理论框架、主客观结合定量方法、多时空尺度实证实地研究、科学技术研究、综合实践应用等方面仍存在较大差距。

就研究内容而言,国外研究中对于城市化带来的健康挑战逐步开展了建成环境对体力活动、公共健康的影响评估,持续推进城市规划设计与公共健康的结合。得益于完善的健康数据库建设,国外基于个体的健康数据可获得性较强的研究主题丰富,学科交叉研究特征显著,对健康状况、健康的非医疗影响因素、健康服务三大基本维度开展健康影响评估极大促进了健康城市研究和实践开展。而国内研究主要包括规划设计方案、综述研究和案例引介为主,缺乏健康城市理论的实证研究。相关研究对提升健康人居环境的规划设计方法进行了持续探索,但尚未形成完整的理论研究体系。其中,健康影响评估工作还处于发

① 丁国胜,曾圣洪.中国健康城市建设30年:实践演变与研究进展[J].现代城市研究,2020(04):2-8.

展阶段,内受基础数据缺乏的限制,相关研究较少,并大多停留在定性分析层面,在城市规划领域对于环境如何主动干预健康的研究相较于国外尚处于起步阶段,亟须针对具体健康问题提出相应的干预手段及途径。

当前阶段,规范化和标准化是国内健康城市研究发展中面临的主要问题。后续研究亟须通过城市环境的身心健康影响及机理的基础研究,逐步探索中国特色城镇化背景的健康城市研究框架。立足于健康领域理论体系、规划设计方法体系、科学技术研究支撑体系的构建,为健康人居环境建设提供实证基础和询证设计方法,为健康中国的理念落地提供有效的数据支撑和实证基础。

(四) 发展趋势与展望

1. 多学科交叉融合推动理论体系构建

在新一轮科技革命和产业变革快速发展背景下,跨学科研究是取得重大科学发现和产生引领性原创成果重大突破的重要方式,也是提升创新能力的重要途径。近年来,健康城市研究不仅包含了传统城市规划和公共卫生领域议题,还涉及经济领域、社会领域、生态环境、社区生活、个人行为、社会公正等,呈现明显的多学科交叉融合趋势,理论体系不断完善。

2. 新技术融合助力研究方法和范式转变

随着以计算机技术和多源城市数据为代表的新技术和新数据的迅猛发展,(新)城市科学在过去的十几年间逐渐兴起,成为一门融合了城市计算、人工智能、增强现实、人机交互等方向的交叉学科,为城市研究和城市规划设计带来了变革可能。这些新技术的发展与融合不但促进了研究量化技术的进步,也带来了研究思维与方式的转变。为健康城市研究提供了新方法,并推动建立了新范式。

3. 新发展阶段和理念促进研究主题与内容深化

城市是一个开放的复杂巨系统,健康城市的研究规划也从不同层面对人民生活环境及生活模式产生重要影响。随着国民经济社会发展水平的不断提高,生态文明建设、以人为本的城镇化等重要理念的先后提出,特别是健康中国战略等政策方针的实施,健康城市的研究主题和内容不断深化,从生理健康单一维度转变为生理、心理和社会健康等多维度,对老年、儿童等群体关注持续增加,并初步呈现在多空间尺度关联和长时间跨度动态变化方面的研究探索。

本节撰稿人:龙瀛、戚均慧、王兰

第三章

相关学科进展 与趋势简介（英文）



11 Urban Science

11.1 (New) Urban Science

11.1.1 Introduction

The Fourth Industrial Revolution is profoundly changing our cities with a series of disruptive technologies, characterized by the boom of Internet industries and the everyday application and wide integration of intelligent technologies. Individuals' traditional mechanical thinking has changed into a mindset based on big data, whose cognition also relies more and more on a combination of both virtual and physical reality experiences. At the same time, cities, where we live, are witnessing a significant revolution in resource utilization, societal conditions, and spatial use. Along with the surge of new technologies and new data represented by computer technologies and multi-source urban data, the (new) Urban Science, as a transdisciplinary combination of urban computing, Artificial Intelligence, augmented reality, and human-computer interaction, rises over the past decade.

This report systematically summarizes the research progress and hot issues in this field, discusses the development process and achievements of New Urban Science in recent years. Based on the comparative analysis between domestic and overseas, this reports judges the development trend and prospects of the trend of (new) Urban Science.

11.1.2 Recent Advances in (New) Urban Science

1. Cognition of New Representation of Cities Based on Big Data and Open Data

With the emergence of Internet technology, people's various behaviors in the city are gradually transferred from "physical space" to "virtual space", such as online shopping, online clock-in consumption, using social media to explore stores, etc. This kind of change is becoming more and more obvious, which makes relevant researchers have to re-examine the relationship between



“physical space” and “virtual space” from the theoretical level. The interaction, mutual construction and symbiosis between “virtual world” and “real world” and their impact on cities are one of the hot issues in the direction of Urban Science.

2. Use New Technology, New Method to Study the Urban Space

In recent years, the fourth industrial Revolution, marked by new technologies such as the Internet and artificial intelligence, has not only provided massive urban data and a new perspective for urban research, but also brought miniaturized and high-power computers, providing feasible analysis tools for Urban Science researchers. At the same time, new theories and methods in complex science and artificial intelligence provide new theoretical and technical support for urban research.

The study of urban space by new methods and new data can be divided into the following aspects.

1) Cross-scale analysis of urban space

Using the new data such as cell phone signaling, this paper makes an in-depth study on the urban level, population distribution and urban interior spatial structure.

2) Urban morphology at human scale

Many scientific research teams use urban POI data and street view image data to measure urban spatial quality on a large scale, which provides a basis for supporting the improvement of urban spatial quality.

3) Urban simulation

Based on urban big data, some scholars have carried out in-depth cognition and analysis of individual behaviors in cities, and applied knowledge and methods in other fields such as machine learning to simulate the spatial distribution of a large number of people at the urban scale, thus providing a favorable analysis tool for urban emergency management and urban development evaluation.

3. Urban Studies for the Future

Faced with the impossibility of simply “knowing” future cities, the researchers proposed that “the best way to predict the future is to create the future”, including extracting the prototype of future city and exploring the path of future urban design.

11.1.3 Comparison of Progress in (New) Urban Science at Home and Abroad

1. Schools Related to (New) Urban Science

Complexity Science schools related to (new) Urban Science include the Complexity Science school represented by the American Santa Fe Institute; the Illinois School of Planning represented by the American urban and regional planning expert Lewis Hopkins; and the Science of Cities school represented by Michael Batty.

However, the research on (new) Urban Science in China started a little later, and the research



content includes DAD(Data Augmented Design), future city, etc.

2. Research Institutions / Programs on (New) Urban Science

The (new) Urban Science now is been studied and promoted by a number of research institutions globally, including several renowned international colleges and universities. Relevant international research institutions mainly include:

Media Lab, MIT; SENSEable City Laboratory, MIT; Future Cities Laboratory, Singapore-ETH Center; City Analytics Lab, Faculty of Built Environment, University of New South Wales; Urban Center for Computation and Data, University of Chicago; Center for Urban Science and Progress, New York University; Center for Spatial Research, Columbia University; The Bartlett Center for Advanced Spatial Analysis, University College London; Urban Informatics Group, Queensland University of Technology Design Lab, etc.

MIT Media Lab was founded in 1986; SENSEable City Laboratory of MIT was founded in 2004; Future Cities Laboratory was founded in 2010 by Singapore-ETH Center; City Analytics Lab founded in 2018, by University of New South Wales; Urban Center for Computation and Data founded in 2012 by University of Chicago; Center for Urban Science and Progress, New York University; Center for Spatial Research, Columbia University; The Bartlett Center for Advanced Spatial Analysis, University College London; Urban Center for Computation and Data, University of Chicago; Center for Urban Science and Progress, New York University; Center for Spatial Research, Columbia University; The Bartlett Center for Advanced Spatial Analysis, University College London; Urban Informatics Group, Queensland University of Technology Design Lab.

China's research institutions and programs in (new) Urban Science include the Smart City the Digital City Engineering Research Center and the Smart City Joint Lab co-founded by Chinese Institute of Urban Scientific Planning and Design and the Chinese Society for Urban Studies in 2012; the research programs on urban space cognition and data augmented design with new data, methods, and technologies launched by Beijing City Lab founded in 2013; and Administration Center of Urban Data Safety was established by the Chinese Society for Urban Studies which was founded in 2019.

3. Disciplines and Courses on (New) Urban Science

Chinese and foreign colleges and universities have started to set up disciplines and degree programs on (new) Urban Science in recent years. The bachelor degree of Science in Urban Science and Planning with Computer Science was introduced at MIT on May 16, 2018, receiving wide attention from academic and practitioner circles.

However, there are few courses on (new) Urban Science in China's colleges or universities. The undergraduate program "New Urban Science" provided by the School of Architecture of Tsinghua University, established in the fall of 2018, is the first course on the (new) Urban Science in China's



urban and rural planning education system.

Through a review of domestic and foreign research schools, research institutions and related courses, it can be seen that (new) Urban Science is emerging in various forms around the world. The research background of international institutions is based on the intersection of many disciplines, including quantitative urban studies, the impact of new technologies on cities, future-oriented urban space and multi-agent urban studies. However, domestic research on (new) Urban Science is still lagging behind.

11.1.4 Development Trend and Prospect in (New) Urban Science

1. Continue to Strengthen the Application of Big Data in Urban Science

- (1) The combination of present-oriented big data and future-oriented urban models can help support more long-term and refined research on cities.
- (2) The big data based on the Internet platform is biased in population categories and data collection, and cannot completely meet the needs of urban research, especially fine-scale urban research. Therefore, it is necessary to develop large-scale, low-cost and human-scale active city perception methods based on various sensors for specific research problems, and collect data of built environment, natural environment and social environment.
- (3) With big data research macro and medium scale has been relatively mature, the future from the Internet of things and wearable devices, such as “super” big data, is expected to surpass inside and outside of the building, the boundaries of built environment and the natural environment, let us see more humanistic scale space of the objective laws, support research, design and operation of built environment monitoring and evaluation.

2. Further Improve the Scientific Nature of Urban Space Research

- (1) Improve the definition of city, avoid scale mismatch and other basic problems.
- (2) Improve the scientific community to ensure that every research can have scientific increment. In the future, Urban Science should adhere to the principle of “City Lab”, improve the scientific community of disciplines (such as studying an urban community, using a set of data together, focusing on a small direction together, etc.), ensure that each research can have “scientific increment”, and improve the scientific nature of urban research.

3. Focus on New Urban Changes and Explore Future Urban Spaces

- (1) Actively discuss the space prototype of future city.
- (2) Based on SIPMDI (Spatial Intervention, Place Making and Digital Innovation), multiple actors work together to support future urban design. For SIPMDI concept, should also be stressed more power into, especially with the digital technology team cooperation, on urban space planning, design, management and construction are no longer the job of planners and urban designers, managers,



technology or equipment providers such as power will also be involved, provide interactive facilities, management middle or intelligence technology solutions.

11.2 Healthy City

Public health is a persistent topic in city science and human settlements research. With the city public health problems becoming more and more prominent in recent thirty years, the upsurge of healthy city research and practice has been launched all over the world, which has promoted urban planning to pay more attention to public health through high requirements and new perspectives. It is an important mission for the disciplinary development of Health City to study and compare domestic and foreign differences in the disciplinary development of healthy city, therefore predict new problems and lay out new directions, at the same time give full play to the strategic leading role. This report systematically combs the research progress and hot issues of healthy city in recent years, and discusses the process of the disciplinary development and its achievements in discipline construction. Based on the comparative analysis between domestic and overseas, this report judges the development trend and prospects the health city research, and puts forward the development direction and countermeasures in the field of health city in China.

The research on healthy city in urban science mainly focuses on four directions.

- (1) Research on the impact of environmental health from the perspective of multi-dimensional health, including the impact of an urban environment on mental health and residents' behavioral health. More and more attention has been paid to the impact of an urban environment on mental health and mental disorders in recent years. As for the research on the residents' health behavior, it mainly describes people's health behavior and analyzes its related influencing factors., which mainly include eating behavior, physical activity, sleeping, smoking, drinking and so on.
- (2) Multiscale research on the shaping of healthy urban space: including the healthy city research from the perspective of urban agglomeration and urban space, healthy community research and the evaluation standards of healthy buildings. As for the research on health city development from the perspective of urban agglomeration, more and more scholars have begin to explore the healthy development strategy of cross provincial low-carbon urban agglomeration, and systematically constructs the "Internet + medical health" coordinated development mechanism of urban agglomeration. In terms of health city research from the perspective of urban space, it focuses on the elements at the macro level, such as urban form, land use and infrastructure. In terms of healthy community research, more attention are paid to the usage requirements and using feeling of residents, focusing on spatial scale, residential mixing, facility accessibility and public space

construction. As for the research of health building evaluation standards, domestic scholars mainly study from the aspects of health building evaluation case analysis, influencing factors, indoor environment, health building materials, moisture-proof and bacteriostasis, ventilation technology and so on.

(3) Public health active intervention research based on urban planning elements: including urban planning active intervention research on chronic non communicable diseases, urban transportation and residents' health research, urban landscape and residents' health research. As for the active intervention of urban planning on chronic non communicable diseases, domestic relevant research covers theoretical construction, basic demonstration and health impact assessment. However, compared to the foreign research, it started later, and fewer types of chronic non communicable diseases are involved, also the relevant practical application is still in the exploratory stage. In terms of research on urban traffic and residents' health, the influencing factors of traffic on public health can be divided into motor traffic and non-motorized traffic. Reducing motor traffic and encouraging pedestrian and bicycle traffic can control pollution and promote exercise. As far as the research on urban landscape and residents' health is concerned, domestic research focuses on the impact mechanism of urban landscape on Residents' health.

(4) Research on health city oriented to the whole life cycle, including research on the residential environment for the elderly and children. As for the research on the residential environment for the elderly, the research focuses on the spatial distribution, social spatial characteristics, transportation, living space environment of the elderly, as well as the built environmental factors affecting the health of the elderly. In terms of the research on the children's living environment, multi-dimensional factors such as individual factors, social factors and built environment factors which influence each other affect children's physical activity and health level.

The main differences of domestic and foreign research in the field of health city lie in different development periods, different research methods and contents, and different problems in development. As far as the development period is concerned, domestic research started later than foreign countries, and its quantity and depth are lower than foreign levels too; in terms of research methods and contents, domestic research remains at the level of preliminary quantitative analysis. The single technical methods and the lack of analysis model leads to the unsystematic research results. There is still a large gap between domestic and foreign research in terms of theoretical framework, subjective and objective quantitative methods, multi-temporal and spatial scale empirical field research, scientific and technological research, comprehensive practical application and so on. In terms of the faced problems, standardization and normalization are the main problems faced in the research and development of health city in China. It is urgent for follow-up research to gradually explore the research framework of Chinese health city under the background of



urbanization with Chinese characteristics.

There are few developments trend and research prospect based on disciplinary development process and comparative analysis between domestic and overseas:

(1) Interdisciplinary integration promotes the theoretical system. In recent years, healthy city research not only includes topics in the fields of traditional urban planning and public health, but also involves the fields of economy, society, ecological environment, personal behavior, social justice, etc., showing an obvious trend of interdisciplinary integration, continuously improving the theoretical system.

(2) The integration of new technologies contributes to the transformation of research methods and paradigms. With the rapid development of new technologies and new data represented by computer technology and multi-source urban data, it promotes the progress of quantitative research technology and brings about the transformation of research thinking mode. It provides a new method for the study of health city and promotes the establishment of a new paradigm.

(3) The new development stage and concept promote the deepening of research topics and contents. The research changed from a single dimension of physical health to multiple dimensions of physical, psychological and social health. And pay more attention to the elderly, children and other groups. Now the research and exploration present multi spatial scale correlation and long-term dynamic change.

12 Intelligent Science and Technology

In the 21st century, the global research innovation is unprecedentedly intensive and active. A new round of technological revolution and industrial transformation is rebuilding the global innovation pattern, reshaping the global economic structure, and profoundly changing people's thinking, production and lifestyle.

附 件