

未来城市的空间原型与实现路径

龙 瀛 李伟健 张恩嘉 严庭雯 陈婧佳 李 派 佟 琛

The Spatial Prototype and Realization Path for Future City

LONG Ying^{1,2,3}, LI Weijian¹, ZHANG Enjia¹, YAN Tingwen⁴, CHEN Jingjia¹, LI Pai¹, TONG Chen⁵

(1. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Hang Lung Center for Real Estate, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Key Laboratory of Eco-Planning & Green Building, Ministry of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 4. School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 5. Utrecht University, Utrecht 3584 CS, Netherlands)

Abstract A series of emerging technologies in the context of the Fourth Industrial Revolution has had many far-reaching impacts on current urban residents and urban spaces. This paper analyzes the evolution mechanism of technology, lifestyle, and urban space, and deduces the future urban space driven by new technologies and new lifestyles using the method of “Retrospection and Deduction” based on existing literature, practical cases, and research of institutions and think tanks on technological development and future urban space. It makes a systematic prospect and refines the prototypes and multi-actor realization paths for future urban space from multiple scales, such as region and city, as well as different scenarios.

作者简介

龙瀛（通讯作者），清华大学建筑学院，清华大学恒隆房地产研究中心，清华大学生态规划与绿色建筑教育部重点实验室；

李伟健、张恩嘉、陈婧佳、李派，清华大学建筑学院；

严庭雯，北京林业大学园林学院；

佟琛，荷兰乌得勒支大学。

摘要 第四次工业革命背景下产生的一系列新兴技术对当下城市居民生活以及城市空间产生了诸多深远影响。文章对技术、生活方式与城市空间演化机制进行分析，采用“回溯+推演”的方法，基于已有文献、实践案例以及机构智库在技术发展与未来城市空间方面的研究，推导新技术、新生活方式驱动下的未来城市空间，并从区域、城市等多尺度及不同场景出发，系统性展望和提炼未来城市空间的原型与多主体实现路径，最终总结出十大趋势与八大议题，旨在激发更多有关未来城市空间的战略思考，进而明晰创造未来城市空间的核心思路。

关键词 第四次工业革命；未来城市；智慧城市；颠覆性技术；以人为本

1 引言

近年来，中国城镇化发展经历增速拐点并迈入新型城镇化时代，面对过去城市粗放型发展所暴露出的人口、气候、空间环境等方面日益突出的问题与挑战（杨保军等，2014），更加注重城镇化发展的质量及以人为本的理念（中共中央、国务院，2014），而技术创新给未来城市的高质量发展提供了新的思路与重要支持（顾朝林，2011）。纵观国际，各国积极推动技术发展应用，重视其对城市发展的影响。从美国“工业互联网”概念、德国“工业4.0”计划、日本“社会5.0”计划到我国“智慧社会”与“新基建”等战略的提出，均彰显出技术在城市发展与转型驱动方面的重要地位。

Finally, it summarizes ten trends and eight issues, to stimulate more strategic thinking on future urban space and to clarify the core ideas for creating future urban space.

Keywords the Fourth Industrial Revolution; future city; smart city; disruptive technologies; human-centered

纵观历史，城市作为文明的孵化器与载体，其周期性的兴衰历史见证着人类文明的迭代与发展，而技术并非仅提供一种感知理解与改造城市的信息化途径，在其影响下城市空间的原型已然发生根本性变化。工业革命以来，技术变革作为核心驱动力之一不断催化人类生产生活方式发生跨越式变化并最终投影于城市空间中。如今，第四次工业革命正以一系列颠覆性技术特别是信息与通信技术（Information and Communications Technology, ICT）深刻地影响和改变着我们的城市（龙瀛，2019），通过技术供给与人类需求最终驱动未来城市空间从规模形态到功能使用的重塑与转型。

未来就在当下，对于未来理想城市的探讨与构想成为人类发展永恒的主题（武廷海等，2022；刘泉等，2022；武廷海等，2020；伍蕾、谢波，2020；Schlapobersky and Pieprz, 2020）。先驱者积极探索城市发展的未来方向，拥抱新技术思维、创造新的城市范式，促进了城市经济、社会、人居环境的深刻自我反思。与此同时，未来基于创造（Batty, 2018），任何对未来的精准预测都是徒劳的，但诸如“田园城市”（Garden City）、“光辉城市”（Radiant City）等历史上的理想城市原型，即使在新兴技术涌现的当下依然具有持续的现实启发意义，可见对未来城市预测的意义并非在于结果，而在于探讨的过程本身。随着城市朝着复杂巨系统不断演进发展，将会有更加多元化的社会力量共同参与到未来城市的创造和建设过程中。因此，在技术突破与社会需求变革的“奇点”临近（刘泉，2019）、城市科学转型发展（Batty, 2013；龙瀛，2020）的关键阶段，我们更有必要聚焦新兴技术的视角，对未来城市空间原型及其实现路径进行探讨。

2 技术、生活方式与城市空间的演化机制

2.1 技术、生活方式与城市空间的演进历程

探究城市历史发展演进规律为描摹未来城市提供了一条基础性途径。于城市而言，创新技术带来的颠覆性影响始于 18 世纪的工业革命，进而逐渐成为现代城市形成和发展的核心动力。随着历次工业革命中核心技术的突破，城市生产生活与空间功能形态发生了极大改变，受不同时代背景的紧密影响，先驱们探索产生出一系列具有时代特征的理想城市原型（图 1）。

第一次工业革命（蒸汽时代），以蒸汽作为新的动力推动机械革命，大规模的机器生产开始代替手工业，以蒸汽为动力的运输工具开始出现。在此背景下，以机器进行生产的工厂出现并逐渐取代传统的手工工厂，以工业生产为主要职能的工业城市雏形开始萌芽。城市密度逐步提升，多层建筑涌现，并在城市中部分形成以就业为核心的功能布局。在理想城市原型方面，1811 年提出的方格形城市（Gridiron City）便是在传统马车时代交通不发达的情况下资本主义大城市应对工业与人口集中的一种解决方案；1825 年罗伯特·欧文（Robert Owen）提出新协和村（New Harmony），设想住房附近有用机器生产的作坊，将城市功能与技术生产进一步融合思考。

第二次工业革命（电气时代），电力作为新的动力推动通信革命，电器的出现改善了居民生活品质，并衍生出多元化的大众娱乐产业及空间，而内燃机的发明进一步催生出高效便捷的新交通运输方式。随着公共交通对于城市平面空间的拓展以及电梯技术推动高层建筑在垂直空间上的生长，人口高密度的现代化大都市开始兴起，城市空间也开始呈现居住、工作、游憩、交通四大功能分区并被写入《雅典宪章》，奠定了现代主义城市规划的基础。然而技术以解决问题的方式出现，又给城市带来了新的问题。“田园城市”、“广亩城市”（Broadacre City）等理想城市原型由此涌现，试图结合新技术背景化解工业革命过程中引致的城市病（张京祥等，2020）。

第三次工业革命（信息时代），电子计算机推动信息控制技术革命，与此同时新能源、新材料、新空间技术不断涌现发展。特大城市与都市圈逐渐增多，而产业转型带来城市第三产业空间的增加以及部分传统工业城市的收缩发展。面对新技术与复合功能空间的冲击，“拼贴城市”（Collage City）、“传统邻里开发”（Traditional Neighborhood Development, TND）、“公共交通导向开发”（Transit-Oriented Development, TOD）等原型理念的提出，象征着对于城市生活品质提高与技术发展融合的思考得到进一步强化。

第四次工业革命（智能时代），数字技术驱动技术融合革命。移动互联网、物联网、人工智能等颠覆性技术的出现，进一步引领城市空间组织运行的高效智能与人本化。传统制造产业空间进一步从城市内迁出，伴随着知识生产空间的增加，智能建筑与智慧家居得到更广泛的普及应用。诸如“健康城市”（Health City）、“智慧城市”（Smart City）、“韧性城市”（Resilient City）等更加注重多元可持续与智慧发展的概念原型开始得到不断发展。

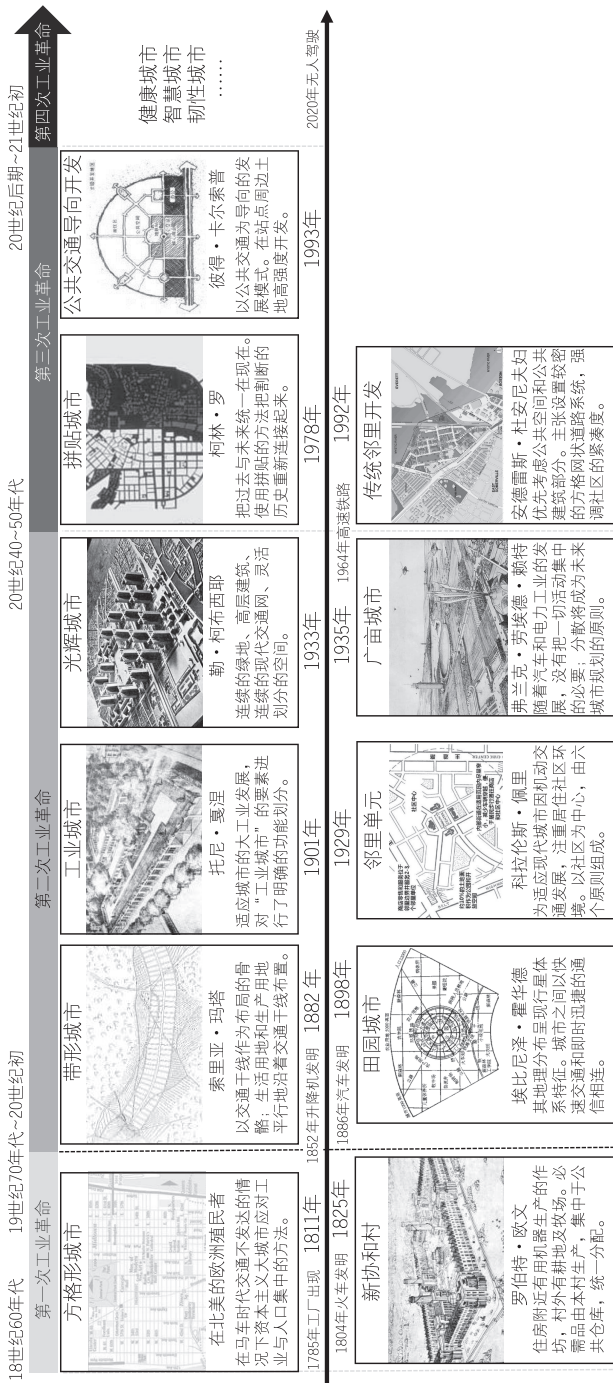


图 1 技术发展 with 理想城市原型的提出

以上历次工业革命进程均体现出技术发展、人类生产生活与城市空间功能形态演化间密不可分的关系。诚然，技术发展是城市空间变革的必要不充分条件，政策、文化、历史背景等均在其中起到不同程度的关键作用，城市空间本身亦具有很强的弹性与适应性，相比于技术迭代具有滞后性，但依然不可否定城市空间演化过程中技术的重要影响力。生产力技术进步推动生产生活方式与社会组织方式变化，进而影响城市的布局 and 结构；技术在空间中的不均衡发展影响城市所在的产业链等级分工，进而影响城市的等级和规模；动力技术进步推动交通运输发展，影响城市的三维形态，即垂直方向的建设强度和水平方向的蔓延程度；建筑技术进步带来建筑变化，进而影响城市中建筑的空间形态与功能利用方式。

综上，面对新一轮技术的驱动影响，未来城市空间原型必然将继续演化，伴随着社会组织方式的变革，未来城市将会更加复杂。

2.2 新技术、新生活方式驱动未来城市空间

在上述历史演进历程梳理的基础上，本文进一步通过“回溯+推演”的方法对新技术、新生活方式驱动下的未来城市空间进行具体分析。基于文献、实践案例及机构智库在相关方面的已有研究，系统性观察过去十年“新”的城市变化，借助历史发展路径依赖、对技术发展趋势的合理甄别以及其他相关未来学思考，对近未来十年“新城市”在技术影响下的空间发展进行适度推演和情景分析，并在区域、城市及设施尺度对相关规律特征予以系统性总结提炼，以期引发相关的思考讨论与研究重视（图2）。

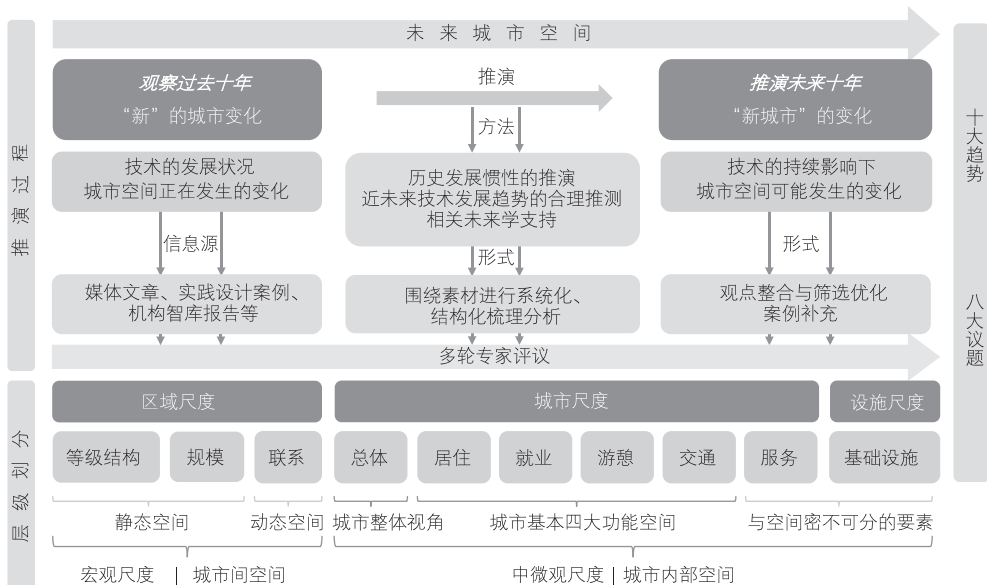


图2 研究方法框架

需要指出的是，新技术对于不同区域、城市群体生活与空间演化的影响千差万别。在全球数字化进程中，新技术与创新资源的分布不均衡，不同地域群体对新技术的接纳程度也有较大差异，由此进一步加剧了不同地域间的数字鸿沟，进而带来城市体系、城市空间、社会差别及个体生活等方面的极化发展（汪明峰，2005；胡鞍钢、周绍杰，2002；邓庆尧、邹德依，1999）。因此，本文选择聚焦人口高度密集、经济发展水平较高、创新资源丰富、对新技术包容度较高的发达城市空间，更多地以中国作为基础来进行原型提炼与具体场景展望，同时将部分具有普适性的规律趋势进行一定延展讨论。

2.2.1 新技术的发展迭代

传统上，时间与空间是人类生活及城市发展的两个根本向度，约束着城市的形态功能与布局结构（Castells，1996），而交通和通信技术作为与城市时空关系最为相关的核心技术，在历史上对城市空间影响最大（刘泉，2019）。与之相比，第四次工业革命背景下诸如人工智能、大数据与云计算、移动互联网、传感网与物联网、混合实境、智能建造等颠覆性新兴技术，在近十年的发展迭代呈现出更加多元复杂的新趋势，其在多尺度城市应用场景中拥有更加细分且广泛的渗透性，进而为不同层级城市空间的使用赋能（图3）。较多新技术与个体生活及需求更加贴近，强调对于产品服务的更新优化，以不断降低的价格得以被更广泛的居民受众使用推广。同时，数据与计算驱动并促进各个城市系统的深度融合，进而推动信息流在城市物质资源与社会供需间的匹配协调作用（王鹏，2022）。

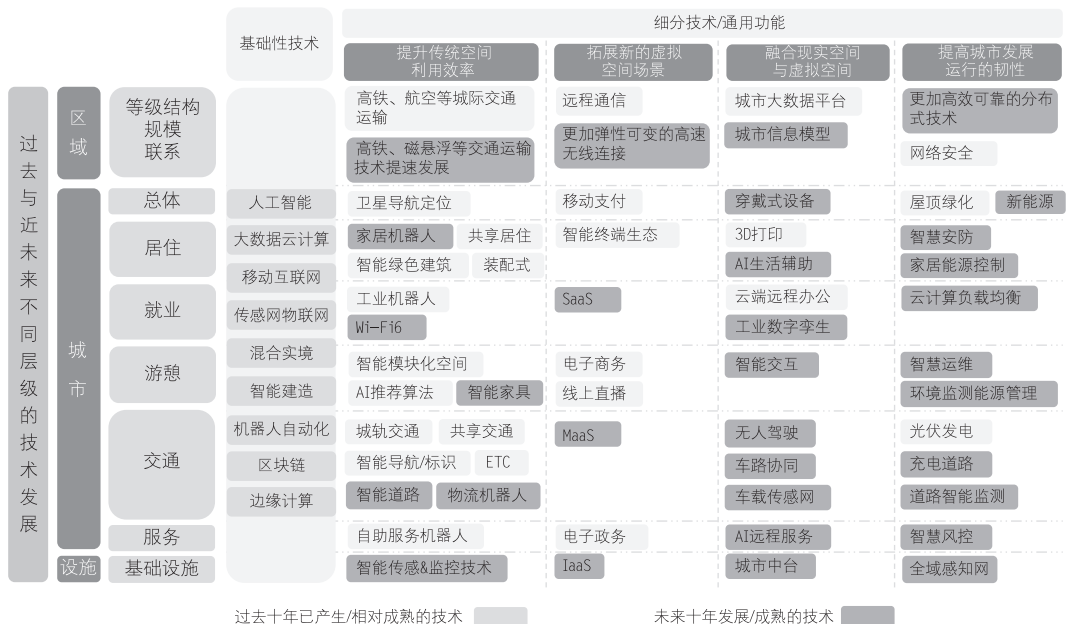


图3 新兴技术在不同层级作用于城市空间

2.2.2 新生活方式的重塑

正如互联网与计算机发展初期，当下城市正处于一种“形成”（Becoming）状态，事物经历“知化、流动、共享、重混”（Kelly, 2016），而未来城市的变革正始于每一个个体。新技术加速发展迭代，技术供给在大数据与 AI 加持下更加智能高效，人类需求受此催化变得更加个性化、碎片化、即时化与虚拟化（龙瀛，2019），个体时空观念与生活方式由此发生转变，在日益丰富的同时逐渐摆脱与特定场所的简单线性关系。于是，在 3G/4G/5G 移动互联网等核心技术的迭代驱动下，城市产品服务层面诸如智能手机、共享经济（如 Airbnb 共享居住、WeWork 共享办公、青桔共享单车等）、O2O（Online To Offline，如美团、饿了么等）、移动支付（如支付宝、微信支付等）、社交娱乐媒体（如微博、微信、抖音等）亦同步高频更迭，以更好地匹配新的需求与生活方式。

具体而言，一方面，居住由单纯的栖息转化为个性化的生活方式，更加追求家庭与社群的连接，一系列以“共享、智能、自助、定制”为特点的“即时、在线、上门”产品服务，使人们居家即可满足工作、学习、购物、医疗等多种需求；就业突破集中化的办公模式，办公场所从“固定”转为“移动”，从传统“面对面”交流转变为线上远程办公、协作办公、共享办公模式并存，由此产生更多自由职业者、创意阶层与“数字游民”，企业组织方式亦趋于弹性灵活。另一方面，城市居民更频繁且娴熟地在线下实体店和线上虚拟店间转换，获取更多产品信息与体验，最终做出消费决策并分享信息（贺晓青等，2018）；个体休闲娱乐方式日趋多元，线上休闲娱乐日益普及；出行方式转化为共享交通与公共交通、慢行出行等多种出行方式结合，而私人 and 公共交通界限逐渐趋于模糊；此外，人们享有医疗、教育、金融、政务等服务的方式也由线下转化为线上线下相融合，并出现更多的智能化服务产品。

2.2.3 新技术与生活方式驱动下的未来城市空间

由此可以看出，新兴技术主导作用下，人类需求与生活方式产生一系列变化，由此催生出一系列与这些变化相匹配的新产品服务模式。而城市空间作为提供产品服务的场所，同样深刻影响着人的使用感受与需求，因此，一系列新技术对于城市生活的影响最终会投影在城市空间中，并以空间形态与功能的适应或转化来体现。在此过程中“人、服务、空间”三者之间也形成了相互影响、彼此促进的耦合关系（图4）。

在此背景下，一方面，在新技术与生活方式驱动下的未来城市空间呈现出以下四方面的趋势特征。

- ①赋能支持。信息与通信技术在城市生产生活要素配置中的优化集成作用得到充分发挥，在全时感知的基础上极大提升传统空间的利用效率，并在一定程度上对其韧性有所提升（李伟健、龙瀛，2020）。
- ②边界溶解。随着交通方式的演化以及移动互联网、物联网的深入应用，城市内与城市间、不同功能空间之间以及线上线下空间的边界逐渐模糊融合。
- ③功能具身。空间形式不再必须追随功能，以空间为核心的功能布局逐渐向以人为核心的功能服务聚集发展。
- ④虚实融合。实体空间与虚拟空间的融合关系进一步增强，与之对应的是传统空间的功能转化以及场景体验的提升，在空间数字化运营的同时，数字创新也将成为新的理念更好地迎合未来城市空间的设计创造。

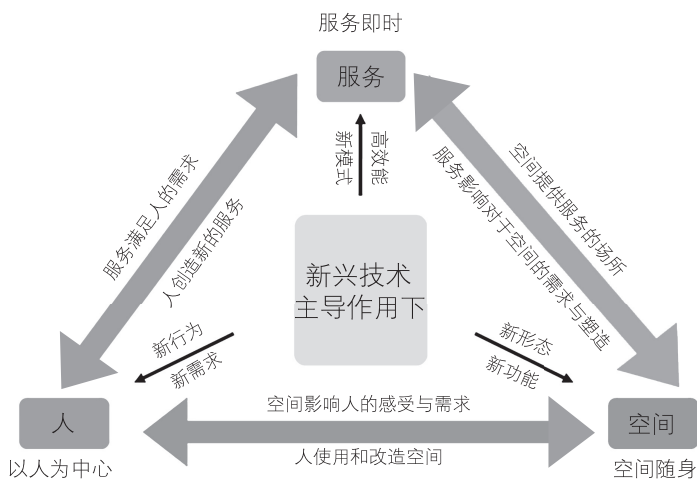


图4 新兴技术与人、服务、空间之间的关系

另一方面，技术的发展迭代在一定程度上也会受到市场化规律作用，其对于居民生活与城市空间的影响亦是多维度甚至缺乏充分选择的，也因此表现出一定的负外部性与不确定性。例如，新技术与数字经济发展所产生的数字鸿沟将会进一步加剧城市空间的不平等现象，同时加剧不同群体间的社会与居住隔离；城市的“信息功能”被互联网信息替代，传统以空间搜索为核心的行为选择被个体定制化算法改变，产生潜在的数据垄断及数据隐私危机问题，而算法的引导以及部分线上流量的竞争会进一步加速部分城市实体空间的功能瓦解与收缩衰落；此外，也存在诸如技术迷信、个体真实情感忽视与个性偏好丧失等方面的问题（仇保兴，2022；甄峰、谢智敏，2021）。应采用理性的价值判断（孙施文，2006），利用技术解决部分城市空间问题，促进技术向善的未来城市空间发展。因此，从技术视角对未来城市空间原型进行提炼，以洞察其相互作用机制与潜在影响便显得尤为重要。

3 未来城市空间原型提炼

在新技术、新生活方式与未来城市空间的连锁驱动作用下，本文通过空间尺度、空间场景类别、发生时间以及正负面评价等多个维度，对未来城市的空间原型进行了系统性、结构化剖析梳理，从技术视角归纳未来城市空间的演化规律与特征（图5）。

3.1 城市间和城市内集聚与分散的重塑

随着自动驾驶与移动互联网等基础性技术的发展成熟，以汽车为载体的交通方式和以智能手机等终端为载体的通信方式发生迭代，从物理连接与虚拟连接层面深刻影响了未来城市的生活方式和空间结构（Castells，1989，1996），使城市间与城市内集聚和分散的态势重新演绎。



图5 过去十年与未来十年城市（空间）已经发生和预计发生的变化

在此背景下,未来我国东、中、西部地区城市在形态与功能方面将进一步呈现不同程度的多中心、网络化发展特点(Ma and Long, 2020; Long, 2016)。城市间将形成更加紧密的网络体系,以城市群、都市圈为主要空间组织模式的趋势会更加明显。城市人口与资源在城市群、都市圈加速集聚,空间更加紧凑集约化发展的同时,新极化中心出现,城市间面临更大的“数字鸿沟”。发达的超大城市(群)日益强大富集,其余城市则谋求“特色”发展或出现信息、知识、人才边缘化的收缩城市(吴康等, 2015; Jin et al., 2017)。在技术扩散规律和历史惯性共同作用下,未来短期内城市间与城市内非均衡状态将更加明显。与此同时,高铁和轨道交通进一步降低跨城通勤成本,数字设施与异城协作办公的普及使人们实现跨越时空的交流。因此,城市间和城市内的界限开始模糊,功能联系超越地理邻近逐渐成为城市发展的重要动力,职住分离蔓延至区域尺度并成为一种常态(Wu et al., 2019)。

3.2 城市核心功能场景的解构

在新技术的影响下,未来城市内部空间组织逐渐趋于社区化,并形成更加分散的网络与多中心小簇群形态。城市组团从传统的区位和交通模式中解放出来,被更加扁平、均匀灵活地布置甚至分散至郊区。在功能组织与土地利用方面,城市内明确的功能分区将逐渐转向混合重组,趋向于形成以居住空间为中心,就业、办公、游憩等空间混合的新稳定结构,并产生更多的碎片化空间。同时,城市空间功能发生共享化、复合化、服务化、个性化、智能化、运营化的更新与变迁。

在此进一步对未来城市空间中居住、就业、游憩、交通、服务及基础设施相关的核心功能场景进行解构梳理。

3.2.1 居住场景

随着远程通信、视觉增强、无人机、新物流与交通技术的成熟,工作生活的边界有所模糊,区位与地理距离对居住空间的影响将有所减弱,由此职住不平衡与过度通勤问题在一定程度上得到缓解。而随着诸如外卖餐饮、外卖生鲜等服务的不断丰富,未来远程医疗、网约护工、养老服务等居家服务场景也将迅速发展。社区服务的供给方式发生颠覆性转变,社区生活圈不再局限于实体空间组织和设施配置,而转向融合线下步行可达和线上服务便捷到家的新模式(牛强等, 2019)。天猫“三公里理想生活圈”以及京东“零售即服务”理念的出现,进一步体现出在人工智能、大数据、物联网、机器人等技术驱动下对“人、货、场”三要素的重塑,围绕社区配备个性化物流配送仓库,通过线上线下融合(Online-Merge-Offline, OMO)提供基于位置的便利生活服务。此外,多功能混合社区逐渐普及,居住空间兼具工作室、联合办公、剧本杀等新兴办公与休闲娱乐功能,出现诸如燕京里“居住+联合办公”模式的短租公寓以及万科设计公社“居住+办公+商业”模式的租赁型创业社区。与此同时,共享思维已漫卷网络并渐成全社会共识,共享合作居住(Co-housing)成为普遍发展趋势(张睿、吕衍航, 2013)。以基于兴趣的文旅社区阿那亚为代表,择邻而居与社群化自组织管理成为潮流,但其在营造自由、个性化的同时,也在一定程度上间接加剧了居住空间与社群群体彼此间的分异隔离。

3.2.2 就业场景

分散、灵活的企业组织形式解放了束缚企业选址的桎梏，创新技术在城市中心区集聚，办公空间在城市中心区和边缘区分化发展（杨德进，2012），在此过程中创新要素将重塑优化片区空间结构，并促进创新产业空间集聚，与科研机构、高等院校结合分布。在功能转变方面，与居住空间类似，就业办公空间亦具有混合功能开发与开放共享使用的趋势特征，通过多样灵活可变的空间组合成为新时代的“单位大院”。WeWork 上海威海路联合办公空间增加了游戏、运动、饮食等各类型的工作辅助区域，创造社交、专业和创造性的空间，而类似 HubHub 的共享办公室则为工作者节约成本并充分激发彼此的创意。此外，随着时间与空间界限、工作与生活界限模糊，办公活动向其他空间拓展，在咖啡厅、图书馆等第三空间办公、居家办公将成为普遍现象，并由此催生出车上办公、户外空间办公等新办公需求。在此背景下，诸如 Telecube、Smart Lounge 等装配式、模块化、自助共享的小型办公空间为人们随时随地、多样化办公提供了独立场地。

3.2.3 游憩场景

网络空间区位愈发重要，数据算法与网络评价使商业及娱乐空间的选址和需求发生改变，部分店面选址从“金角银边草肚皮”转变为“酒香不怕巷子深”。线上虚拟购物的增强对线下实体商业产生强烈影响，促使其加速转型。大型商业空间趋于向综合化、体验化、场景化、娱乐化转变。例如，占地 10 000 平方米的苏宁燃客城涵盖了电竞游乐城、吃货乐翻街、科技发烧馆、热血运动场和艺术公园五大主题专区，打造线上线下全面融合、场景互联的新零售模式；而中百罗森等小型商业空间逐渐趋于向提供热水、快餐加热等便捷生活服务而非仅仅是零售商品转变。以微信无人快闪店、京东无人超市等无人、智能化商业空间也将会得到进一步普及。此外，伴随着以元宇宙为代表的虚实空间的不断交互融合，传统城市公共空间的活力有望得到全新激活。数字创新使公共空间能够为人们提供个性化的互动体验，“线下空间+互动设施”“线下空间+直播”“线下空间+AR/VR”等模式将成为公共空间新的发展趋势。而随着物联网传感设备的植入与使用，对于公共游憩空间的运营管理也将进一步智能化，并提高公众参与度（李伟健、龙瀛，2022）。在此过程中，对于自然与健康的不变追求将进一步引导未来城市游憩空间在强智能与管理支持下，回归自然生态与可持续发展。

3.2.4 交通场景

随着以人为本理念的深入以及末端交通服务技术的成熟，未来大街区、疏路网为主导的路网格局将逐步转变为小街区主导或大小街区并存。街道系统分级精细化并出现自动驾驶专用车道/区域。例如由 BIG 和丰田合作的“编织城市”（Woven City）将专为自动驾驶车辆通行的机动车道、小型移动工具通行的休闲长廊以及供行人漫步的线性公园三种道路穿插在城市中，使整个城市形成一个网状编织结构。而物流运输与快速车道可移至城市地下空间与灰色空间进行立体化应用。此外，共享交通极大解决了通勤最后一公里问题，大量共享的自动驾驶汽车将成为空间的延伸，由单一维度的交通空间拓展为办公、休闲、医疗、零售等多功能复合的智能移动空间，并提供更加多元的 O2O 服务。例如，在宜家创意工作室 SPACE10 所提出的 Space on Wheels 设计构想中，将自动驾驶汽车与快闪店、办公室、

AR 游戏、咖啡馆、城市农场、医疗站和酒店七种应用场景结合打造新型移动空间，并可通过 App 对其进行预约，以此来减轻城市拥挤交通的负担并改善居民生活。而在运营管理方面，城市交通标识系统将更加智能化，智慧路缘、停车诱导系统、智能地锁等数字化设施更加普及，交通管理实现全域感知、实时监测、及时预警以及智能调度。

3.2.5 服务场景

不同类型的服务场景均趋于向线上线下融合以及智能化、分布式服务转变。具体而言，传统的线下药店、医院、诊所将向线上线下结合转型，为患者、老人提供到家、远程服务。更多物联网监测、灵活移动、弹性可变的医疗空间将为应对突发公共卫生事件提供有效支持；与集中化的大型教育空间相比，碎片化学习中心有所增加，教育空间选址也将更加接近居住地；实体银行功能向服务化转变，并由在线化向智能化发展，出现更多的无人银行；政府办公大厅不再完全依赖于实体空间，其服务层级下沉至社区，出现更多便民的社区政务中心、24 小时自助政务服务驿站，社区级别政务服务能力在技术发展下得到增强。

3.2.6 基础设施

传统基础设施趋于智能化，而建成环境要素趋于感知化。一方面，未来包括铁路、地铁、公路交通设施，给水、排水、供电、通信等城市市政工程在内的传统基础设施领域，都将叠加传感器及监测调度平台等数字化图层，实现城市部件的智能化，如自主感知、监测、反馈、预警和管理；另一方面，传统城市空间元素中将有更多新型基础设施的融入，从而对建成环境要素和人群活动情况有实时数据反馈、异常监测与预警、智能管理与实施。此外，完善城市 ICT 基础设施的建设即完善城市信息物理系统（Cyber-Physical Systems, CPS）的底层构建（龙瀛、张恩嘉，2019），在此过程中将呈现一定的市场化趋势，由城市运营商、零售商、开发商、科技公司与政府等共同建设运营，但同时会带来数字伦理和隐私侵犯、数据霸权和社会公平缺失等方面的不确定性风险。

4 未来城市空间实现路径与参与主体

未来城市空间不仅是静态的物质产品，在技术驱动下其复杂巨系统以及数字孪生、运营服务化的新特征愈加明显，逐渐演变为动态有机生长的生命体。因此，对于未来城市空间的建设应从单纯的设计转化为超越设计，并在物质空间、社会空间与信息空间等多个维度进行整体考量。目前已有较多学者从城市规划宏观统筹的视角提出技术驱动下未来城市空间规划响应的不同路径。例如，数据增强设计（Data Augmented Design, DAD）（龙瀛、沈尧，2015）框架下的智慧规划在强化城市感知、完善数据来源的基础上，借助数据驱动模型方法实现城市空间要素的智能化、规划流程的科学化以及规划成果的多元化（龙瀛、张恩嘉，2019）；面向未来城市情景的规划响应则从新技术的不确定性及其对应的情景出发，提出包括强化顶层设计与战略目标制定、促进技术应用与居民需求有机耦合等四方面的规划响应策略（甄峰、谢智敏，2021）。这些路径均强调了对于新技术方法的运用、对于多技术情景的分

析评估以及对于科学合理决策的考量。另外，未来城市空间的创造实践毫无疑问也需要多学科交流融合以及更加多元社会主体的广泛参与（图 6），而与过去相比，技术驱动下不同主体在参与方式与所扮演的角色方面有不同程度的转变。

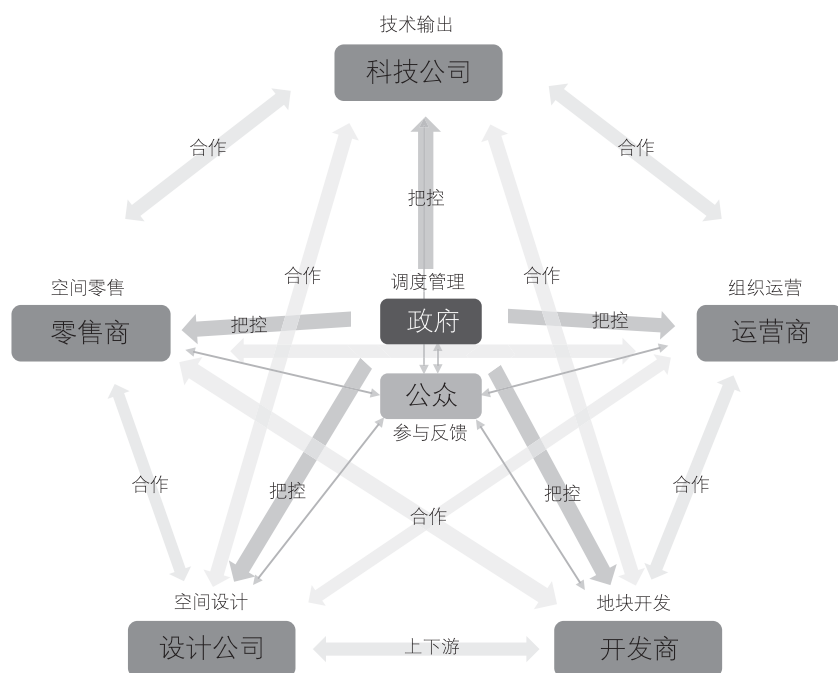


图 6 参与未来城市空间创造的核心社会主体

4.1 设计公司

设计公司内部面临智能、数字化转型并积极与科技公司等前沿力量赋能合作。未来其将直接参与城市空间的设计创造。随着新兴技术发展以及由此影响下人们对于空间使用需求的变化，设计公司也开始注重利用新兴技术，将数字创新与传统的空间干预及场所营造相结合（张恩嘉、龙瀛，2020），以更好地满足人们的活动需求，达到城市空间自适应与节能的效果，提升空间活力以及使用管理效率。

4.2 科技公司

科技公司为未来城市空间的创造提供源源不断的技术赋能。未来其一方面将加强与政府的合作，积极参与城市纵向的高效智慧化治理，自上而下参与城市空间智能治理的顶层设计，深化拓展新兴技术的组织架构与应用场景；另一方面将加强与设计公司的合作，积极参与城市空间的智能化运营，自

下而上拓展平台服务生态，以人为本科技向善，更好地匹配城市居民的真实需求。

4.3 开发商

开发商从单一的开发空间向开发配套服务模式转型，并逐渐从房企开发商向（城市）运营商转变。未来其将参与城市空间的市场开发与利用，随着未来城市住宅需求放缓，单一的住房开发无法满足传统开发商的发展运行需求，于是其将更加注重对于未来城市空间的思考，进一步提升产品配套服务质量，创新服务模式，以匹配未来城市更加综合化、运营化的居住空间需求。

4.4 （空间）零售商

零售商逐渐面临新技术带来的服务场景、模式的机遇与挑战，从行业本身向外思考未来城市空间的新型服务场景与模式。其参与未来城市空间各个不同的生态应用场景的具体建设，往往利用自身对于具体服务场景模式的深刻理解，结合新兴技术带来的应用赋能，去及时探索创新服务应用的场景模式，提高服务效能与体验，弹性应对技术带来的市场需求的变化。

4.5 运营商

传统运营商积极参与数字化转型迭代，其参与未来城市空间的策划组织与管理运营。随着新兴技术的进一步发展及未来城市空间、资源要素的进一步数字化发展迭代，万物皆可运营，城市（空间）变成一款最大的运营产品。不同社会力量均在竞争与协作中介入到对于未来城市空间的运营管理中来。

4.6 政府

传统政府向数字化治理转型。与此同时，政府相关部门单一主导城市空间建设的传统高效模式越来越受到新兴技术影响而向多方力量协同建设的模式转变。未来城市空间将在政府主导参与下与多方社会力量进行协同治理。

4.7 公众

未来随着新技术朝着以人为本、更加细分的方向发展迭代，私人定制化的需求将被得到精准捕捉与识别。作为“人—服务—空间”链条中最核心的部分，公众参与也会结合更加多元的社交媒体或参与式平台工具得以实现。

总而言之，未来城市空间实现路径依靠多种社会主体力量的共同参与，在政府主导下不同主体竞争协作参与城市空间共建，在此过程中新兴技术既作为生产力工具进行智慧化创造，又充当信息沟通的高效桥梁促进不同主体间的彼此反馈。

5 结论

5.1 未来城市空间的趋势与议题

基于前述分析，进一步归纳总结未来城市空间发展的十大趋势以及值得学界、业界相关领域共同深入探讨研究的八大议题，为未来城市研究与创造响应的创新思维及战略方向带来启示。

5.1.1 十大趋势

趋势一：日益增长的屏幕使用行为影响人们对空间的认知；趋势二：个体工作与生活的时空自由度提升；趋势三：自由、混合的未来城市空间组织与开发模式转变；趋势四：空间极化与扁平化的对立统一；趋势五：实体与虚拟空间深度融合下数字孪生城市和元宇宙发展；趋势六：城市空间旧问题的解决与新问题的涌现；趋势七：数据驱动的追踪式未来城市空间研究；趋势八：城市空间的新旧共存，不同时代的城市拼贴；趋势九：城市空间使用与管理的运营化；趋势十：以数字创新为核心的城市空间技术层叠加。

5.1.2 八大议题

议题一：未来城市空间的整体演化趋势与特征研究；议题二：未来城市人居尺度及模式研究；议题三：新兴技术对未来城市空间的影响及挑战研究；议题四：新兴技术应用背景下未来城市空间的跨区域协同路径与机制研究；议题五：城市实体空间与数字空间的匹配及融合机制研究；议题六：未来城市空间下的数据生态建设研究（采集、使用、共享、保护、治理）；议题七：面向未来的城市空间设计创造方法研究；议题八：未来城市数字空间建设与运营模式研究。

5.2 主要贡献及局限

本文回顾了技术发展对城市生活及空间的影响，梳理当代对城市空间正在或预计产生深远影响的新兴技术，总结技术驱动下未来城市空间的主要趋势，进而展望未来区域、城市及设施尺度的潜在应用场景，引发更深入的讨论与研究。然而，未来城市空间本身的不可预测性较强，本文对技术发展在产业空间的影响考虑有限，针对欠发达城市地区及不同人群的讨论不足，对影响未来城市空间发展的其他因素考虑亦为有限。

未来，新兴技术的发展应顺应国家相关政策理念与指导思想，并考虑积极融入当下国土空间规划、城市更新与城市设计等具体的实践框架，强化技术应用的顶层设计与宏观指导，从而更加科学、可持续、以人为本地为未来城市空间的高质量发展提供积极有序的引导与作用。而未来城市空间的发展研究与探索，必将以实践的形式予以响应。在此过程中，对于新兴技术应趋利避害，引导技术向善以及其对于未来城市空间的正面作用，对技术潜在的负面效应进行及时评估预警，平抑潜在的技术风险，让每个城市、每个空间以及每个个体人最终受益。

致谢

本文的研究工作得到国家自然科学基金面上项目(52178044)、清华大学—丰田联合研究院基金专项(20213930029)的资助,同时获得腾讯研究院的合作支持以及刘瑜、茅明睿、王鹏、张宇星、甄峰、周榕、周向红等专家的建议,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] BATTY M. The new science of cities[M]. Cambridge: The MIT Press, 2013.
- [2] BATTY M. Inventing future cities[M]. Cambridge: The MIT Press, 2018.
- [3] CASTELLS M. The informational city: information technology, economic restructuring, and the urban-regional process[M]. Oxford: Blackwell, 1989.
- [4] CASTELLS M. The rise of the network society[M]. Cambridge, MA: Blackwell Publishers, 1996.
- [5] JIN X, LONG Y, SUN W, et al. Evaluating cities' vitality and identifying ghost cities in China with emerging geographical data[J]. Cities, 2017, 63: 98-109.
- [6] KELLY K. The inevitable: understanding the 12 technological forces that will shape our future[M]. New York: Viking Press, 2016.
- [7] LONG Y. Redefining Chinese city system with emerging new data[J]. Applied Geography, 2016, 75: 36-48.
- [8] MA S, Long Y. Functional urban area delineations of cities on the Chinese mainland using massive didi ride-hailing records[J]. Cities, 2020, 97: 102532.
- [9] SCHLAPOBERSKY P, PIEPRZ D. Smart cities start with smart design[J]. Landscape Architecture, 2020, 27(5): 110-116.
- [10] WU K, TANG J, LONG Y. Delineating the regional economic geography of China by the approach of community detection[J]. Sustainability, 2019, 11(21): 6053.
- [11] 邓庆尧, 邹德依. “信息化乌托邦”思想批判——论信息时代城市体系的极化现象[J]. 新建筑, 1999(6): 1-3.
- [12] 顾朝林. 转型发展对未来城市的思考[J]. 城市规划, 2011, 35(11): 23-34+41.
- [13] 贺晓青, 凌佳颖, 孟祥巍, 等. 构建智慧零售完整图景——2018年智慧零售白皮书[J]. 科技中国, 2018(7): 63-70.
- [14] 胡鞍钢, 周绍杰. 新的全球贫富差距: 日益扩大的“数字鸿沟”[J]. 中国社会科学, 2002(3): 34-48+205.
- [15] 李伟健, 龙瀛. 技术与城市: 泛智慧城市技术提升城市韧性[J]. 上海城市规划, 2020(2): 64-71.
- [16] 李伟健, 龙瀛. 空间智能体: 技术驱动下的城市公共空间精细化治理方案[J]. 未来城市设计与运营, 2022(1): 61-68.
- [17] 刘泉. 奇点临近与智慧城市对现代主义规划的挑战[J]. 城市规划学刊, 2019(5): 42-50.
- [18] 刘泉, 钱征寒, 黄丁芳, 等. 技术驱动下智慧城市空间产品的模块化组织逻辑[J]. 国际城市规划, 2022, 37(4): 83-91.
- [19] 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(2): 10-23.
- [20] 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.
- [21] 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(2): 81-87.

- [22] 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(8): 34-40+52.
- [23] 牛强, 易帅, 顾重泰, 等. 面向线上线下社区生活圈的服务设施配套新理念新方法——以武汉市为例[J]. 城市规划学刊, 2019(6): 81-86.
- [24] 仇保兴. “韧性”——未来城市设计的要点[J]. 未来城市设计与运营, 2022 (1): 7-14.
- [25] 孙施文. 城市规划不能承受之重——城市规划的价值观之辨[J]. 城市规划学刊, 2006(1): 11-17.
- [26] 汪明峰. 互联网使用与中国城市化——“数字鸿沟”的空间层面[J]. 社会学研究, 2005(6): 112-135+244.
- [27] 王鹏. 城市的第一性原理与数字化转型[J]. 未来城市设计与运营, 2022(1): 76-78.
- [28] 吴康, 龙瀛, 杨宇. 京津冀与长江三角洲的局部收缩: 格局、类型与影响因素识别[J]. 现代城市研究, 2015(9): 26-35.
- [29] 伍蕾, 谢波. “技术”与“人本”理念下未来城市的空间发展模式[J]. 规划师, 2020, 36(21): 14-19+44.
- [30] 武廷海, 宫鹏, 李嫣. 未来城市体系: 概念、机理与创造[J]. 科学通报, 2022, 67(1): 18-26.
- [31] 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(2): 5-27.
- [32] 杨保军, 陈鹏, 吕晓蓓. 转型中的城乡规划——从《国家新型城镇化规划》谈起[J]. 城市规划, 2014, 38(S2): 67-76.
- [33] 杨德进. 大都市新产业空间发展及其城市空间结构响应[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [34] 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.
- [35] 张京祥, 张勤, 皇甫佳群, 等. 未来城市及其规划探索的“杭州样本”[J]. 城市规划, 2020, 44(2): 77-86.
- [36] 张睿, 吕衍航. 国外“合作居住”社区——基于邻里、可支付、低影响概念的居住模式[J]. 建筑学报, 2013(S2): 60-65.
- [37] 甄峰, 谢智敏. 技术驱动下未来城市情景与规划响应研究[J]. 规划师, 2021, 37(19): 11-19.
- [38] 中共中央, 国务院. 国家新型城镇化规划(2014—2020年)[EB/OL]. 2014-03-16[2020-09-14]. http://www.gov.cn/zhengce/2014-03/16/content_2640075.htm.

[欢迎引用]

- 龙瀛, 李伟健, 张恩嘉, 等. 未来城市的空间原型与实现路径[J]. 城市与区域规划研究, 2023, 15(1): 1-17.
- LONG Y, LI W J, ZHANG E J, et al. The spatial prototype and realization path for future city[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2023, 15(1): 1-17.