

从文化孪生到技术孪生再到数字孪生*

——基于大历史观的数字孪生城市逻辑考察

From Cultural Twinning to Technological Twinning to Digital Twinning:
An Investigation of the Logic of Digital Twin Cities Based on the Macrohistorical
Perspective

韩涛 郭曦 HAN Tao, GUO Xi

摘要 通过大历史观方法,基于文化叙事与技术批判两种视角,分析了内嵌在数字孪生城市之中的二元孪生模型及其治理机制。一方面从概念考古角度指出数字孪生是文化孪生与技术孪生复杂交织的当代版本,另一方面梳理了殖民、产业、金融、数字4种资本对数字孪生城市不同层面的塑造。正是在大历史延长线上,当代数字孪生城市建设可被理解为孪生现象在国家场域与资本场域的具体实践。总结当代数字孪生城市的技术系统架构与社会治理逻辑,以期为数字孪生城市相关研究提供更多思考。

Abstract Through the method of macrohistorical perspective, based on the dual viewpoints of cultural narrative and technological critique, the binary twin model and its governance mechanisms embedded within digital twin cities are analyzed. On one hand, from the perspective of conceptual archaeology, it is pointed out that digital twinning is a contemporary version of the complex interweaving of cultural twinning and technological twinning. On the other hand, it details how four types of capital - colonial, industrial, financial, and digital - shape different aspects of digital twin cities. It is precisely on the extended line of macrohistory that the construction of contemporary digital twin cities can be understood as the specific implementation of the twinning phenomenon in the national and capital domains. The technological system architecture and social governance logic of contemporary digital twin cities are summarized, with the aim of providing more thought for related research on digital twin cities.

关键词 大历史观;文化孪生;技术孪生;数字孪生城市;二元结构逻辑

Key words macrohistorical perspective; cultural twinning; technological twinning; digital twin cities; binary structural logic

文章编号 1673-8985 (2023) 05-0031-05 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230506

作者简介

韩涛

中央美术学院设计学院
副院长,教授,博士生导师
thanlab@163.com

郭曦

中央美术学院建筑学院
博士研究生

1 数字孪生城市概述

1.1 研究背景

数字孪生城市 (digital twin city) 正在实与虚两个场域中被加速推进:一个来自国家,一个来自资本。国家推动的是基于虚拟空间的数字孪生城市,资本推动的是基于虚拟时间的数字孪生城市。

国家场域的例证是2018年《河北雄安新区规划纲要》。其原因是数字孪生城市不是一个观念构想,而是一种发展原则。2021年以来杨滔^[1]、田颖^[2]等基于雄安实践深入剖析了数

字孪生城市的核心性质与技术构造。2022年以来,一系列“十四五”规划文件显示数字孪生城市已经成为国家战略级别的发展方向与技术座架^①。资本场域的例证是2021年的“元宇宙”话题。其原因是近10年来日益过剩的全球资本无法在现有实体经济中找到出口,因此只能加速建构另一个虚拟城市作为资本积累工厂,以此吸收全球免费数字劳工的娱乐时间,形成隐蔽的时间剥削。吴冠军^[3-4]、蓝江^[5]等学者的分析深刻批判了元宇宙内在的虚拟资本积累本质与新型生命政治控制形式。

*基金项目:中央美术学院自主科研“基础设施与中国现代性”系列研究3——“智慧城市计划”(编号19KYB020);2020年国家社科基金后期资助一般项目“消费空间的‘三元装置’研究”(编号20FYB047)资助。

注释: ①参见《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《“十四五”数字经济发展规划》《“十四五”国家信息化规划》《河北雄安新区规划纲要》。

1.2 研究问题

为什么国家与资本两个场域的数字孪生技术同时涌现?这绝非偶然。解释这个现象需要一种长时段思维,也需要一种跨学科视野。

目前研究主要集中于数字孪生的概念定义、技术内涵、实践应用等领域,缺少大历史扫描与原因探究维度。地理信息与城市规划学者虽然已经厘清数字孪生的基本逻辑以及对现代化治理的意义^[6-12],但这并非意味着数字孪生的深层文化动力与历史思想动因已经得到充分认识。比如:“孪生”是一种当代现象还是一种久远思维?前现代社会有大量基于孪生逻辑的宗教模式、文化图式与世界模型;工业时代的大规模生产与城市化是当代数字孪生的模块化硬件基础;19世纪广泛兴起的统计学是数字孪生的底层通约技术实践;20世纪金融资本与跨国公司出于精确掌控全球需要推动了数字孪生的信息论与控制论基础;21世纪数字孪生技术的极速发展无法脱离大国安全治理与军工技术竞争的迫切需要。以上事实说明数字孪生的兴起需要更长时段的历史思考才能得到解释。

1.3 研究思路

对数字孪生的理解应基于以下两种孪生之上:一是前现代社会广泛存在的文化孪生,例如神话孪生、宗教孪生、君主孪生,二是现代社会广泛存在的技术孪生,例如殖民孪生、产业孪生、金融孪生。数字孪生一方面隐性吸收了多种文化孪生及其象征治理模式,另一方面可被理解为技术孪生不断进化引发的奇点时刻。文化孪生与技术孪生如何内在交织形成当代数字孪生就是本文研究的主要问题,并由此形成纵、横两个研究思路:一方面,基于大历史观方法,分析文化孪生转向技术孪生并进一步转向数字孪生的内在必然性,为当代数字孪生城市治理体系的历史合法性提供支撑;另一方面,基于二元结构方法,剖析文化孪生、技术孪生、数字孪生内嵌的权力治理结构,为当代数字孪生城市的治理逻辑提供理论支撑。

2 文化孪生的历史逻辑考察

早期人类文化孪生模型是多元模型。尤瓦尔·赫拉利^[13] (Yuval Noah Harari) 的《人类简史》清晰地揭示了孪生不是一种当代现象,而是一种始于游牧社会且内化于人类历史的思维结构。在赫拉利看来,部落性人类生活如何有组织地凝结成整体特别需要一种虚构的能力,这种能力就是孪生,也就是超越所见,在想象中构筑一个文化孪生模型。不同孪生模型广泛存在于各种游牧与农耕文化之中。游牧文化一般以天空为世界,是竞争性的;农耕文化一般以大地为世界,是孕育式的。人类历史中上千年的游牧文化与农耕文化之争,可被理解为两种不同孪生模型之争。赵林^[14]在《古希腊文明的光芒》一书中对这种现象有详细考察。早期希腊基于克里特岛的南方农耕文化,是孕育性的大地模型,克里特岛北方山区基于游牧文化,是征战性的天神模型。希腊神话讲的就是游牧性文化孪生模型最终战胜农耕性文化孪生模型的故事,最终两者融合形成希腊神话体系,一个万物有灵与神人同在的世界,罗马文化实际上是这个多神论文化孪生模型的延续。

中世纪封建欧洲产生出一种具有二元逻辑的宗教文化孪生模型:一面是高度统一且内嵌金字塔等级秩序的神圣世界,一面是分散性的、封建的、地方的世俗世界。奥古斯丁对上帝之城与世俗之城的二元结构切割揭示出宗教文化孪生模型是一种重要的社会治理术,其基本逻辑就是:一旦人类发现现实矛盾无法解决,就会构想出另一个虚拟世界,为的是解决现实世界的矛盾;一旦发现现在的问题无法解决,就会构筑出另一个未来世界,为的是解决此刻的问题;一旦发现附近的问题无法解决,就会构想出另一种远方的他者文化,为的是解决在地的的问题。

古代波斯是帝国模型,罗马中后期、我国秦汉社会也是帝国模型。君权模型利用宗教孪生模型的结构,但将目光引向现实政治,从而最终走向理性技术。文艺复兴时期马基雅维里^[15] (Niccolò Machiavelli) 的《君主论》

指出现实政治的主导方向是君主权力。从神话文化孪生到宗教文化孪生到君主文化孪生,不过是更换了主演与观众,剧本的结构并没有改变^[16]。宗教孪生与君主孪生的一个区别是再现世界的尺度与精度不同。君主孪生强调对现实世界的准确再现,更注重时间量度和空间尺度的精确性^[17]。君主权力对现实的关注必然导致理性技术孪生逐渐登上历史舞台。

3 技术孪生的历史逻辑考察

感应性的、循环性的文化孪生的退场,以及理性化的、线性的技术孪生的出场并非偶然,而是500年利益导向的资本积累结果。

3.1 殖民资本的技术孪生

殖民资本的原始积累是技术孪生兴起的第一个推力。它的主要发动机是君主型重商主义的兴起。随着对物质利益的关注愈演愈烈,非物质利益倾向的文化孪生模型必然被物质利益导向的技术孪生模型取代:首先是对前现代文化模型的清理,然后是对殖民地时空大数据的初步扫描,之后是殖民资本对自然世界的资源化分类,最后是殖民资本对三角洲贸易体系的建构。殖民资本的技术孪生不是文化虚构与象征逻辑,而是依据对现实世界的利益征服,特别来自通过战争工具对资源通道与贸易网络的征服。文一^[18]在《科学革命的密码:枪炮、战争与西方崛起之谜》中对这个过程有深入研究:火炮用300年创建了资本主义商品贸易网络,每一个新节点的建构,都意味着传统封建壁垒的解体,城墙被摧毁的过程就是商品流动速度加快的过程。正如沃勒斯坦^[19] (Immanuel Wallerstein) 在《现代世界体系》中所说的,如果不考虑资本主义核心区掠夺殖民地区域经济剩余的能力,就无法理解资本主义的起源。马克思《共产党宣言》第一章同样揭示了这个过程。殖民资本的技术孪生不停运作重新塑造了欧洲,使得殖民资本生产了自身的另一个孪生物——产业资本,并把资本主义推向下一个历史阶段。

3.2 产业资本的技术孪生

产业资本的技术孪生逻辑是大规模生产。产业资本与殖民资本通过中心—边缘结构的网络孪生,以及模块化积累的技术叠加孪生,从空间与时间两个方面推动了资本主义对世界的极速生产。

从空间角度看,首先是对大规模生产方式的建模,然后是对多源产品数据的标准化,之后是对基础设施系统的网络化,最后是对城乡生产网络的一体化整合,从而形成对全球的生产。产业资本的逻辑是把占有的资源转化为资本用来生产商品,并把商品作为武器攻陷每一个村庄,使之被迫卷入全球市场。全球市场一端是产业资本,另一端是殖民资本。马克思^[20-21]的论断可作为产业资本与殖民资本相互孪生的论据,即“欧洲的隐蔽的雇佣工人奴隶制,需要以新大陆的赤裸裸的奴隶制作为基础。”

从时间角度看,产业资本通过模块化组合逻辑进一步加强了技术孪生的连续性与叠加性。技术孪生的发展具有赫伯特·西蒙^[22](Herbert A. Simon) 1962年提出的模块化(modularity)特征。吴志强认为今天的智慧城市与数字孪生城市的空间化要素与技术化产品也要在模块化的逻辑上发展,“一切皆可‘模块’”^[23]。新的模块化技术孪生总是在现有技术模块基础上不断组合、修正、累积、嵌套、组构发展,新的技术孪生模块无形中包含之前模块中的产业逻辑及其社会逻辑。

3.3 金融资本的技术孪生

如果产业资本的技术孪生主要发生在物质层面,那么金融资本的技术孪生则主要发生在非物质层面。金融资本的技术孪生同样有4个阶段,即对信息技术的早期模型化、对全球信息的控制论规划、建构基于跨领域多源数据的信息系统、建构基于虚拟现实的金融衍生品逻辑。这个过程可以这样理解:由于精确掌握信息形成决策判断是金融资本投资不同产业领域的需要,所以必然是金融资本推动了信息技术的早期发展;由于金融资本的流动性是全球尺度发生的,所以必然需要对全球信息进行

系统管理;因为金融资本要渗透到一切产业领域,也就必然需要跨行业、跨领域的系统数据库建设;由于物质商品生产很容易达到饱和,所以金融资本必然关注可无限复制的非物质符号生产;最后,金融资本积累脱离任何依据,进入到虚拟金融衍生品的生产。

金融资本的技术衍生能力来自国家综合实力。美国国防部最早提出将“孪生”概念用于航空航天飞行器领域,其主要功能是建立对航空飞行器的数字模型系统映射,以此来对昂贵的物质性航空飞行器进行动态的观察、检测、维护,预判其在真实世界中可能发生的问题。1970年代后,孪生的概念逐渐应用于更广泛的整个军工产业,形成整个美国国家军事能力、金融霸权能力在两个世界中的部署与实时映射^[24-25]。1980年代美国总统里根进一步提出太空竞赛战略,升级了信息孪生技术的金融化应用领域。1990年代后随着冷战结束以及美国国家安全能力形成绝对单极霸权后,衍生化金融产品大规模出现,同时伴随的就是军事互联网技术与军工孪生技术扩散至民用领域与社会治理领域。先是自动化工厂与产业园区,之后是智慧城市,再后是数字孪生城市,最后是整个社会的自动化、智能化与孪生化。金融资本基于指向未来的信用机制^[26],以更快、更大、更强的货币逻辑统一全球,通过看上去合法的期货、股票、计算逻辑,购买对未来的所有设想,将所有人的未来期望都化约为股票与期货的波动。这就是当代以美元金融资本垄断为主干的新帝国主义诞生的基本逻辑^[27]。

总之,新自由主义金融资本通过美元垄断,利用各种文化叙事建立信用机制,近30年来将金融衍生逻辑扩散至全球经济生活,极速扩大了虚拟资本的自我增值以至于出现大规模资本过剩,而过剩的虚拟金融资本进一步转化为数字资本,为今天数字孪生技术的兴起建构了基础。

4 数字孪生城市的逻辑分析

从以上思路看,数字孪生技术的涌现是一个必然现象,是殖民资本、产业资本、金融资

本、数字资本,以及19世纪工业技术、第二次世界大战(以下简称“二战”)后军工技术、21世纪数字技术的复合物。数字孪生技术出现之前,不同资本还是各自为政,数字孪生技术出现之后,金融资本、产业资本、殖民资本、数字资本形成复杂组合,实现了对全空间、全时间、全领域的占有。数字孪生城市是数字孪生技术不断演化的结果及其城市场景应用。

4.1 数字孪生城市的形成逻辑

二战仍是理解数字孪生技术演化为数字孪生城市的一个分析起点。二战后美国和苏联立即开始太空竞赛,他们都意识到数字孪生对于战争、控制论和系统集成的重要性,开始从空中对地球进行上帝视角的全域管理。只有掌握了全知全能的能力,地面上分散的军事堡垒才能被连接为流动性的网络。二战使得人类首次意识到海、陆、空综合立体技术协同的必要性,以及在人、动物、天气等各种不可衡量因素之间形成整体的重要性。所有看似模糊的要素都要系统化、精确化地连接起来,并受到战争逻辑的控制。控制论和系统论详细解释了这一点。数字孪生理论与数字孪生城市都是战争思维的产物。战争技术使得当代数字孪生城市既是多级、多层、多类技术集置的系统,更是多种战争控制技术与社会治理模型的内嵌、装配与杂交。

数字孪生城市兴起于国家与资本对未来精确治理需求。大国博弈推动了新一轮太空竞赛、地球扫描、星链计划、北斗计划,资本竞争推动了数字地图、人工智能、大语言模型的发展。两者结合的最终结果就是巨型技术系统的形成,数字孪生城市成为其中一个节点。当代数字孪生城市的国家版本是智慧城市,资本版本是元宇宙。智慧城市管理现实空间中的所有事件,元宇宙则管理虚拟空间中的所有劳动。它们是不可分割的整体。

4.2 数字孪生城市的机制逻辑

数字孪生城市的核心机制是集中管理与分散治理,这也是当代新自由资本主义积累的新特征:当地表网络不断扩散时,同时也必须

加强集中的力量。激进技术史学者莫罗佐夫 (Evgeny Morozov)、希腊前财政部部长瓦鲁法基斯 (Yanis Varoufakis) 和当代左翼哲学家齐泽克 (Slavoj Žižek) 借用技术封建主义 (techno-feudalism) 术语对新自由资本主义数字孪生城市的垄断与扩散机制进行了批判性概括。莫罗佐夫^[29]指出“技术封建主义的崛起与硅谷的崛起是同步的……数字化加速了再封建化的进程,它将人们连接到网络中,他们的权力和自主权取决于他们相对于其他节点的地位……用户的日常生活比作一个遥远的非资本主义国家的原始土地,而这块土地正受到数字巨头开采活动的威胁”。

莫罗佐夫的分析深刻地批判了新自由资本主义数字孪生城市的双重趋势:一面走向高度垄断,一面走向全域扩散。互联网的早期发展简史也证明了这个逻辑,其推动者一方来自美国国防部高级研究计划局,是指向垄断的;一方来自西海岸技术精英,是指向分散的。当21世纪互联网感应器完成对全球节点的数字部署时,垄断性的全球数字治理就成为必然现象。莫罗佐夫、瓦鲁法基斯、齐泽克所讨论的科技封建主义,实际上是数字孪生城市的内在机制逻辑:数字孪生城市是连接不同科技封建城邦的载体,数据资源被平台化科技封建领主占有,数字劳工生活被数字资本主义全生命周期记录。这种转型处于上升期,但尚未完全固化。

4.3 数字孪生城市的堆栈逻辑

数字孪生城市的技术逻辑本质可以通过布拉顿 (Benjamin H. Bratton) 的堆栈理论进一步交叉理解^[29-30]。“堆栈是一种平台,也恰好是通过垂直的可操作层来结构的,既有硬的也有软的,既有全局的也有局部的。它的属性是通用的、可扩展的和柔韧的;它提供模块化的重组,但只在其合成平面的约束范围内。它是一个自动生成的参数化地形,但它恰恰是通过最初将技术细分为平面层,然后通过内部接口和协议对这些技术进行专制的整合和合理化来增长的。”作为数字孪生城市时空大数据基础的数字地理

信息系统,已经呈现出堆栈特征。地理信息系统已经是布拉顿所说的数据平台,例如谷歌地球,地理信息地图已经成为数字孪生城市堆栈化的基础信息层。数字孪生城市一方面完成了对大部分城市交通基础设施的信息吸收,包括机场、高速公路、地铁、停车场的运行数据,另一方面完成了对建筑信息模型的吸收,使得数字化建筑空间信息逐渐被累积在城市总体数字模型框架中,最终使得生活成为可被流动要素概括的粒子运动。

仅仅分析地理信息系统对理解数字孪生城市是远远不够的,当代城市信息模型 (City Information Model, CIM) 的建构可被理解成一种更加堆栈化的治理系统。田颖等将城市信息模型理解为数字孪生城市的支撑系统,总结了3层级技术框架系统:数据治理体系、智能模型体系、人机交互体系。城市信息模型呈现出复合化、立体化、高密度堆叠倾向,与布拉顿堆栈理论的6层结构原理很接近。随着智能感应芯片在城市建筑物上的扩散,以及各种物联网密度的加大,城市信息模型越来越成为数字孪生的支撑平台,提供了现代社会精细化治理的操作工地。一方面实现了自上而下、具有新控制论特征的城市大脑建设,将国家安全防控体系的深层部署具体化,使政府能够对经济社会运行进行智能推演与预测;另一方面,神经网络级别人工智能算法支撑了自下而上个体协同的可能,通过巨大规模计算支撑了多样化场景应用平台的开发,同时完成了对海量数据的吸纳、抽取、清洗、归类、轻量化、分析,成为迭代式治理的底层数据库。虽然这仅仅是数字孪生城市堆栈逻辑的一个层级,但已经呈现出未来巨型堆栈倾向,城市信息模型可被理解为数字孪生城市堆栈技术的典型构造。像布拉顿所指出的:“我们讨论的堆栈是一个巨大的软件/硬件结构,一个由纵横交错的海洋、分层的混凝土和光纤、城市金属和肉体的手指、抽象的身份和超额认购的国家主权的坚固皮肤构成的原生态基础设施。它是一台真正包围地球的机器。”

5 总结与讨论

本文通过大历史观方法,基于文化叙事与技术批判两种视角,分析了内嵌在数字孪生城市之中的二元孪生模型及其治理机制。一方面从概念考古角度指出数字孪生是文化孪生与技术孪生复杂交织的当代版本,另一方面梳理了殖民、产业、金融、数字4种资本对数字孪生城市不同层面的塑造。正是在大历史延长线上,当代数字孪生城市建设可被理解为孪生现象在国家场域与资本场域的具体实践,才能总结当代数字孪生城市的技术系统架构与社会治理逻辑。

孪生是一种基于二元辩证逻辑的长周期文化现象。文化孪生与技术孪生以隐秘的、辩证的、纠缠的方式始终内嵌于人类社会发展,文化孪生与技术孪生的当代叠合就是数字孪生。数字孪生通过0/1通约逻辑,实现了对所有技术的吸收,形成了多来源、高密度、系统化的巨型技术集置。

数字孪生城市起源于传统社会,沿袭了传统社会的二元映射逻辑,将传统社会的道德伦理治理降解为技术理性治理。人类早期存在多种差异内涵的孪生城市想象,现代社会兴起后孪生城市的结构并未改变,但孪生城市的形塑力量发生改变,多元差异的文化孪生城市逐渐被基于计算理性的技术孪生城市取代。

当代数字孪生城市既是前现代文化孪生城市的历史延长线,也是现代技术孪生城市演进的当代版本。数字孪生城市的技术集置是多种模块集成的复杂结果,城市基础设施的升级

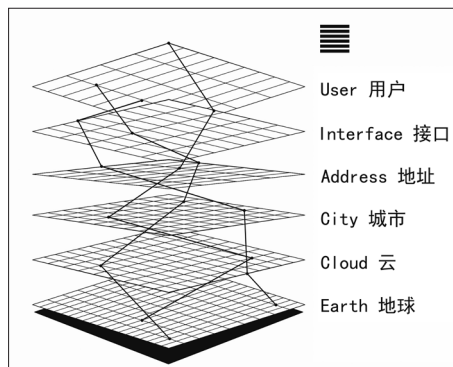


图1 布拉顿的堆栈模型

Fig.1 Bratton's Stack Model

资料来源: The stack: on software and sovereignty.

是其中最重要的内容。随着技术集置的范围、层级、类型、速度不断升级,民族国家治理、资本积累周期、生命政治都被吸纳其中。

约瑟夫·博伊斯 (Joseph Beuys) 说过艺术工作的价值就是复魅,这启示我们:设计未来数字孪生城市应给技术系统留有空隙、复魅、反魅的空间,调和人工智能技术的奇点矛盾。我们应该适度超前预留未来发展空间,为未来的可持续发展 and 下一代留下更多可能性。■

参考文献 References

- [1] 杨滔,杨保军,鲍巧玲,等. 数字孪生城市与城市信息模型 (CIM) 思辨——以雄安新区规划建设BIM管理平台项目为例[J]. 城乡建设, 2021 (2): 34-37. YANG Tao, YANG Baojun, BAO Qiaoling, et al. Speculation on digital twin cities and city information modeling (CIM) - a case study of BIM management platform project in Xiong'an New Area[J]. Urban and Rural Development, 2021(2): 34-37.
- [2] 田颖,杨滔,党安荣. 城市信息模型的支撑技术体系解析[J]. 地理与地理信息科学, 2022, 38 (3): 50-57. TIAN Ying, YANG Tao, DANG Anrong. Analysis on supporting technology system for city information model[J]. Geography and Geo-Information Science, 2022, 38(3): 50-57.
- [3] 吴冠军. 从人类世到元宇宙——当代资本主义演化逻辑及其行星效应[J]. 当代世界与社会主义, 2022, 159 (5): 14-25. WU Guanjun. From the anthropocene to the metaverse: the evolution logic of contemporary capitalism and its effect on the planet earth[J]. Contemporary World and Socialism, 2022, 159(5): 14-25.
- [4] 吴冠军,胡顺. 陷入元宇宙: 一项“未来考古学”研究[J]. 电影艺术, 2022, 403 (2): 34-41. WU Guanjun, HU Shun. Falling into the metaverse: an archaeological study of future[J]. Film Art, 2022, 403(2): 34-41.
- [5] 蓝江. 元宇宙的社会认识论——基于历史唯物主义的批判考察[J]. 中国社会科学评价, 2023 (1): 12-18, 157. LAN Jiang. The social epistemology of the metaverse: a critical examination based on historical materialism[J]. China Social Science Review, 2023(1): 12-18, 157.
- [6] 李德仁. 数字孪生城市 智慧城市建设的新高度[J]. 中国勘察设计, 2020 (10): 13-14. LI Deren. Digital twin cities: the new heights of smart city development[J]. China Engineering & Consulting, 2020(10): 13-14.
- [7] 杨保军,杨滔,冯振华,等. 数字规划平台: 服务未来城市规划设计的新模式[J]. 城市规划, 2022, 46 (9): 7-12. YANG Baojun, YANG Tao, FENG Zhenhua, et al. Digital planning platform: a new mode to facilitate the future urban planning and design[J]. City Planning Review, 2022, 46(9): 7-12.
- [8] 党安荣,田颖,李娟,等. 中国智慧国土空间规划管理发展进程与展望[J]. 科技导报, 2022, 40 (13): 75-85. DANG Anrong, TIAN Ying, LI Juan, et al. Development process and prospects of China's smart territorial planning and management[J]. Science & Technology Review, 2022, 40(13): 75-85.
- [9] 党安荣,甄茂成,许剑,等. 面向新型空间规划的技术方法体系研究[J]. 城市与区域规划研究, 2019, 11 (1): 124-137. DANG Anrong, ZHEN Maocheng, XU Jian, et al. Study on the new spatial planning oriented technical method system[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2019, 11(1): 124-137.
- [10] 田颖,高淑敏. 浅析数字孪生城市的尺度观[J]. 国际城市规划, 2023, 38 (3): 14-21. TIAN Ying, GAO Shumin. A brief analysis on the scale of digital twin city[J]. Urban Planning International, 2023, 38(3): 14-21.
- [11] 仇保兴,陈蒙. 数字孪生城市及其应用[J]. 城市发展研究, 2022, 29 (11): 1-9. QIU Baoxing, CHEN Meng. Digital twin cities and its applications[J]. Urban Development Studies, 2022, 29(11): 1-9.
- [12] 江海凡,丁国富,肖通,等. 数字孪生演进模型及其在智能制造中的应用[J]. 西南交通大学学报, 2022, 57 (6): 1386-1394. JIANG Haifan, DING Guofu, XIAO Tong, et al. Digital twin evolution model and its applications in intelligent manufacturing[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2022, 57(6): 1386-1394.
- [13] HARARI Y N. Sapiens: a brief history of humankind[M]. New York: Random House, 2014.
- [14] 赵林. 古希腊文明的光芒[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008. ZHAO Lin. The glory of ancient Greek civilization[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2008.
- [15] 尼科洛·马基雅维里. 君主论[M]. 北京: 商务印书馆, 2005. MACHIAVELLI N. The prince[M]. Beijing: The Commercial Press, 2005.
- [16] 韩涛. 金字塔、马拉松与群岛: 三种社会设计模式分析[J]. 装饰, 2022 (3): 14-15. HAN Tao. Pyramids, marathons and archipelago: an analysis of three types of social modes design[J]. Art & Design, 2022(3): 14-15.
- [17] 韩涛. 现代性的意象: 例子、话语与建筑 (上) [J]. 住区, 2021 (1): 73-74. HAN Tao. Some images on modernity: examples, discourses and architecture[J]. Design Community, 2021(1): 73-74.
- [18] 文一. 科学革命的密码: 枪炮、战争与西方崛起之谜[M]. 上海: 东方出版中心, 2021. WEN Yi. The code of scientific revolution: guns, warfare, and the mystery of western rise[M]. Shanghai: Orient Publishing Center, 2021.
- [19] WALLERSTEIN I. The modern world-system, vol.I: capitalist agriculture and the origins of the European world-economy in the sixteenth century[M]. New York: Academic Press, 1974.
- [20] MARX K. Capital volume 1[M]. London: Lawrence & Wishart Ltd, 1967.
- [21] MARX K, ENGELS F. The Marx-Engels reader[M]. New York: W.W.Norton & Company, 1978.
- [22] SIMON H A. The architecture of complexity[J]. Proceedings of the American Philosophical Society, 1962, 106(6): 467-482.
- [23] 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. LIU Quan, QIAN Zhenghan, HUANG Dingfang, et al. Modularized organization logic of smart city spatial products driven by technology[J]. Urban Planning International, 2022, 37(4): 83-91.
- [24] SHAFITO M, CONROY M, DOYLE R, et al. Modeling, simulation, information technology & processing roadmap[J]. National Aeronautics and Space Administration, 2012, 32: 1-38.
- [25] BOLTON A, ENZER M, SCHOOLING J. The Gemini Principles: guiding values for the national digital twin and information management framework[R]. 2018.
- [26] 栾文莲. 信用制度与资本主义生产方式的演变——马克思主义信用理论、金融资本理论的学习与思考[J]. 中国社会科学院研究生院学报, 2013 (2): 5-13. LUAN Wenlian. The credit system and the evolution of the capitalist mode of production - learning and thinking on credit theory and financial capital theory of Marxism[J]. Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, 2013(2): 5-13.
- [27] 程思富,鲁保林,俞使超. 论新帝国主义的五大特征和特性——以列宁的帝国主义理论为基础[J]. 马克思主义研究, 2019 (5): 49-65, 159-160. CHENG Enfu, LU BaoLin, YU Shichao. Five characteristics and features of neo-imperialism - an analysis based on Lenin's imperialism theory[J]. Studies on Marxism, 2019(5): 49-65, 159-160.
- [28] MOROZOV E. Critique of techno-feudal reason[J]. New Left Review, 2022(1): 89-126.
- [29] 蓝江. 云法、堆栈与行星计算——解读布拉顿的肯定性生命政治学[J]. 黑龙江社会科学, 2022 (1): 8-16, 131. LAN Jiang. Nomos of cloud, stack and planetary computation - reading of Bratton's affirmative biopolitics[J]. Heilongjiang Social Sciences, 2022(1): 8-16, 131.
- [30] BRATTON B H. The stack: on software and sovereignty[M]. Cambridge: MIT Press, 2016.