

工业生产系统演化视角的产业空间组织模式思考*

——基于福特制、丰田制、温特制和分布式的讨论

Industrial Spatial Organization Models in the Evolution of Industrial Production System: Fordism, Toyotism, Wintelism, and Distributed Manufacturing

许闻博 王兴平 赵胜波 王乙喆

XU Wenbo, WANG Xingping, ZHAO Shengbo, WANG Yizhe

关键词 工业生产系统；分布式生产；产业空间组织；规划策略

Keywords: industrial production system; distributed manufacturing; industrial spatial organization; planning strategies

提 要 以工业生产系统的演化为线索，通过理论分析与案例结合的手段，分析福特制、丰田制、温特制和分布式等不同模式下的产业空间组织逻辑和空间特征，对数智时代产生的分布式生产模式对产业空间转型带来的趋势性影响进行前瞻性研究，并探讨新系统下的产业空间规划的适应性策略。研究表明：从“中心化”到“多中心化”再到“去中心化”，是工业生产系统从福特制走向分布式的重要特征；数智化技术重组了工业生产的信息流和供应链，推动产业集群、链群式的空间存在局部解体的趋势，各个生产环节在更大的区域范围内重组并形成跨区域生产网络；微观尺度的产业空间向小尺度的“单元化”空间演化，偏好集聚的制造服务型单元和偏好离散的“无人化”制造单元是两种重要的空间模式；产业空间规划需要重新思考产城融合型的规划逻辑，并供给满足“雨林生态”和快速响应的弹性空间类型。

Abstract: Following the evolutionary trajectory of industrial systems, this study investigates the rationale and characteristics of spatial organization under distinct production paradigms – including Fordism, Toyotism, Wintelism, and distributed systems – through a combination of theoretical and empirical analysis. It specifically examines the transformative impacts of distributed production in the digital-intelligent era on industrial spatial reorganization, while exploring adaptive planning strategies for new production frameworks. The research reveals that: The evolutionary shift from "centralization" to "polycentrization" and ultimately to "decentralization" characterizes the transition from Fordism to distributed production system; Digital-intelligence technologies have reorganized information flows and supply chains in the industrial production, driving the localized dissolution of cluster- and chain-based spatial formations. Production processes are reconstituted across broader regional scopes to form transregional manufacturing networks; Micro-level industrial spaces are evolving toward smaller, modularized configurations, demonstrating two dominant spatial patterns: agglomeration-oriented manufacturing service units and dispersion-oriented autonomous production units; Industrial spatial planning requires a fundamental rethinking of industry-city integration paradigms, enabling the development of flexible spaces capable of supporting "rainforest ecosystem"-type vitality and rapid-response mechanisms.

中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.16361/j.upf.202504011

文章编号 1000-3363(2025)04-0080-08

作者简介

许闻博，东南大学建筑学院博士研究生，
seuarchxwb@126.com

王兴平，东南大学建筑学院教授、博士生导师，通信作者，wxpsx@seu.edu.cn

赵胜波，东南大学建筑学院博士后，助理研究员

王乙喆，东南大学建筑学院博士研究生

* 国家自然科学基金重点项目“推动共建‘一带一路’沿线中国境外产业园区高质量发展研究”（项目编号：22AZD052）资助

工业生产系统是现代工业的核心,指将原材料、设备、人力、技术和管理方法等资源有机结合,统筹实现产品设计、制造、质量控制、物流管理等功能的综合体系。从历史角度看,工业生产系统演化受技术进步、组织管理理念、经济发展水平等多种维度的影响。第二次工业革命以来,先后出现了福特制(Fordism)、丰田制(Toyotism)、温特制(Wintelism)等典型的工业生产系统^[1]。近年来,在人工智能、工业物联网等技术的支撑下,新制造模式正在孕育和演化,大规模个性化定制生产和服务型制造的发展使得制造模式由目前的集中式向分布式方向发展^[2]。这种变化趋势会改变工业生产系统的内部组织和劳动分工,也会影响产业空间的区位选择、空间组织、空间形态,并重构产城空间布局的底层逻辑。

然而,既有研究较少将工业生产系统的内在组织逻辑与外在的产业空间特征进行结合分析,导致在产业空间研究和规划实践中将不同类型的空间简单地视为“均质化”的工业用地或产业组团,其内部组织结构被视为“黑箱”,使得规划工作中无法针对具体产业空间地块或单元进行精细化的研究和空间资源匹配。目前,已有部分城乡规划领域的专家学者意识到了新工业生产技术和组织模式对产业空间的冲击,从后福特主义^[3-4]、人工智能城市^[5]、机器人^[6]、技术革命^[7]等不同角度探讨新的产业空间组织模式和新的产城关系。这些研究无疑对当前新技术变革下的产业空间规划具有重要的启发意义,但依然缺乏工业生产系统组织逻辑与空间表征之间的关联性思考。

基于此,本研究试图采用跨学科的研究思维,从工业生产系统演化的角度对产业空间发展转型的总体脉络和空间特征进行再审视,关注的重点问题包括:①工业生产系统的演化历程对产业空间布局产生了何种影响;②新工业生产系统(如分布式生产)对传统产业空间发展和转型带来了何种机遇和挑战,其作用机制是什么;③新时代的产业空间规划如何适应新工业生产系统的需求。期望本研究能在技术大变革的时代背景下对我国产业空间高质量发展和科学规划提供有益参考。

1 典型工业生产系统的基本特征

现代工业生产系统的诞生和演化受技术和社会组织模式演化的双重影响。第一次工业革命后,工业生产依然在较长时间内停留在机器辅助手工制造的阶段。泰勒制管理方法的出现加之第二次工业革命的爆发,福特制生产应运而生,推动制造业进入了规模化生产的新阶段。第二次世界大战后,随着技术进步、工业体系的日趋完善和人类生活需求的增加,丰田制、温特制等随之出现。发展至今,工业生产系统有进一步向分布式生产演化的趋势。

1.1 福特制:大规模标准化生产下的单一化产业空间

福特制是以标准化部件的机器制造为核心特点的“美国制造体系”,即“通用制”或零部件可换的体系^[8]。在此之前,人类的工业生产以泰勒制下的手工工厂生产系统为主^[9]。福特T型车的问世标志着美国汽车工业走向繁荣,也由此奠定了福特制生产系统的技术和管理体系根基。福特制生产的核心特征是流水线标准化生产,此举极大提高了工业生产的效率:1925年福特公司就达到了每10秒下线1辆汽车的生产速度。

在空间层面,由于福特制强调标准化和效率,因此多采用集中式布局[图1(a)]。在信息技术尚不发达的当时,只有集中化布局才能使得零部件生产、总装等各个生产环节密切衔接。在福特制生产的推动下,以郊区大工厂为核心的工业区开始出现,并取代了原本布局较为分散的产业空间。

1.2 丰田制:精益生产、柔性制造与本地化产业空间

丰田制于1940年代末到1970年代逐渐形成和完善^[10],其核心思想起源于丰田汽车公司在资源匮乏、市场需求多变的背景下,为提升效率、降低成本而进行的企业管理和生产组织的系统性创新。丰田制立足“非成本主义”的产业哲学和“需求在前,生产在后”的产业观,是对福特制生产的一种修正^[11],其核心特征是减少浪费、即时生产、供应链协作^[12]。美国学者詹姆斯·沃麦克等^[13]在

《改变世界的机器》中提出“精益生产”(Lean Production)的概念,将丰田制推广为全球制造业范式。

丰田制的空间组织突破了单一工厂,走向了满足供应链实时反应和精准联动需求的本地化产业集群,通过集中集约布局压缩各生产环节之间的物流成本,并预留空间以便随时可增减相应的生产模块,形成“精益生产的生态圈”[图1(b)]。同时,丰田制注重厂房面积利用率,通过单向物流缩短运输总路径,避免冗余移动。这一特点在日本丰田市及其他汽车工业基地均有所体现。

1.3 温特制:模块化与全球化的“产业飞地”

温特制的出现源于20世纪末微软(Windows)和英特尔(Intel)两大科技巨头的合作模式。在微软发布Windows 3.1、英特尔推出486处理器以及台积电开创晶圆代工模式后,芯片产业模块化分工的模式逐渐渗透到其他高科技产业领域。其核心特征为龙头企业掌握技术标准,并以模块化设计的方式依托全球供应链开展外包与协作。从历史视角看,丰田制只是福特制模式垂直型结构的改良,且都以汽车工业为代表^[14],而信息技术革命打破了这一关系,使得以温特制为代表的水平型跨国生产体系得以建立和完善^[15]。

在空间层面,由于跨国的专业化设计、分包、代工、大规模定制、供应链管理等模式迅速展开^[14],企业研发、生产和营销等环节的分割^[16]成为常态,供应链、价值链关系从链状结构转变为网状结构^[17],上下游企业不再必然按照集群的方式集中分布在同一地域空间内,形成了一些看似零散和孤立的厂区,共同作为全球化的“产业飞地”而存在[图1(c)]。

1.4 分布式生产:数字化、智能化推动的去中心化空间

现阶段分布式生产的概念内涵尚未完全确定,与柔性制造、本地化制造、敏捷制造等新的技术范式存在共性特征,本质上是新制造模式在不同维度的特征描述。本研究侧重于空间维度,统一用分布式生产来概括。在分布式生产的相

关研究中,一种视角强调“产消一体”的生产模式即生产功能在地理空间上的分散化以满足本地消费需求^[18],另一种视角则强调制造单元的细分和生产过程可灵活重组的特性并体现了服务型制造的特征^[2],但两种研究视角都强调了人工智能、物联网、大数据、云计算、机器人等前沿技术的影响,以及生产过程的去中心化,并认为其必然带来地理空间分布上的“离散化”。尽管并非所有的产业门类都适用分布式生产模式,但新技术的应用依然会加速传统生产体系的“裂解”。

分布式生产系统将会对产业空间带来巨大的潜在冲击:①空间集聚不再是制造业供应链组织的必要条件,制造业区位选择更为灵活,多尺度跨域生产网络将会在一定程度上取代集中式的园区布局;②新技术的介入使得制造控制端与实体制造端发生分离,实体制造端由于追逐能源、交通区位布局而更为分散,控制端由于需要服务市场并快速响应而在城市空间中发生集聚,或者在云端形成虚拟网络[图1(d)]。

2 不同工业生产系统下的典型产业空间发展实证

2.1 福特制与丰田制下的产业空间

丰田制往往被视为福特制垂直分工

结构的改良。虽然丰田制生产普遍采用了外包的模式,但其围绕主机厂布局的中心化组织模式依然在生产要素配置中起决定性作用。由于汽车工业供应链的高度复杂性以及丰田制下并不强调零配件的通用性,在供应商之间的物流成本之和远大于成品运输成本的前提下,供应商围绕主机厂布局成了物流组织和信息沟通协调成本最低的选择,并由此形成了集群式的产业空间。

尽管现代汽车工业在数字化、智能化浪潮的推动下也产生了部分温特制生产的特征,但丰田制主导的集群式产业空间依然普遍存在,丰田、比亚迪、日产等传统汽车巨头依然采用此种模式。以广州花都汽车城为例,除少量需要海外进口的核心零配件之外,大量的供应商均位于汽车城内部,通过降低物流距离、提升协调能力实现精益化生产,主要一级供应商均位于主机厂5 km半径范围内,二级供应商主要分布在主机厂10 km半径范围内。

2.2 温特制下的产业空间

与垂直生产模式不同,温特制是一种基于统一标准和模块化分工的水平生产模式,因此地理邻近已经不再是产业链分工的必备条件。一般来说,温特制生产在技术驱动型、模块化程度高、供应链成本较低且不依赖一体化产线的行业中更具优势,如消费电子、半导体、

计算机、通信设备、生物医药等行业。

苏州工业园区是温特制特征较为明显的产业园区。园区的主要产业门类包括电子信息、生物医药、纳米材料、人工智能、装备制造等,面向终端消费品的主机厂和链主企业较少,大多数企业作为产业链中的关键环节为各个科技巨头提供核心零部件和专业化的解决方案,体现了与全球产业链紧密协同的特点。在微观层面,企业个体并非依赖单一龙头企业的供应链生存,而是可以灵活应对不同客户的具体需求。各类专业化企业呈现出明显的集群化集聚态势,形成了“单元化”的产业空间。同时,由于生产流程趋于标准化,标准厂房等通用型空间的应用范围得以大幅度扩展。

但温特制不仅能催生出具有本地化集聚效应的专业化集群,也会产生“孤岛式”的产业空间。特别是在一些紧靠全球供应链的高技术和高附加值行业,科技巨头往往选择“产业飞地”的空间布局模式,且极少与本地产业链发生关联。这些企业选择产能布局的依据主要是土地价格、用工成本、劳动力素质、能源价格、交通物流和通关便利性等方面,而较少考虑当地产业链配套等问题。如三星、富士康等企业,普遍选择在中西部城市的海关特殊监管区布局,且整个研发、生产流程乃至生活空间都较为封闭。虽然对地方经济发展、就业有很大帮助,但却难以对本地产业链起到实质性带动作用。又如南京台积电虽然未在海关特殊监管区以及枢纽附近布局,但其研发生产流程和供应链组织依然更加依赖全球生产网络而非本地配套企业,厂区空间也较为封闭,设置了较为严密的防护隔离带。见表1。

2.3 分布式的产业空间

分布式生产的核心在于催生了虚实融合的产业空间组织逻辑,并重塑了产业空间的区位(图2)。在新技术、新模式的应用过程中,产业空间要素的面临如下改变。

(1)服务端成为制造业的重要组成部分。工厂面向客户的差异化定制生产能力提升,市场门店成为制造前端的互动式的协商空间而非单向的商品销售空间,为定制化需求服务的商业商务空间

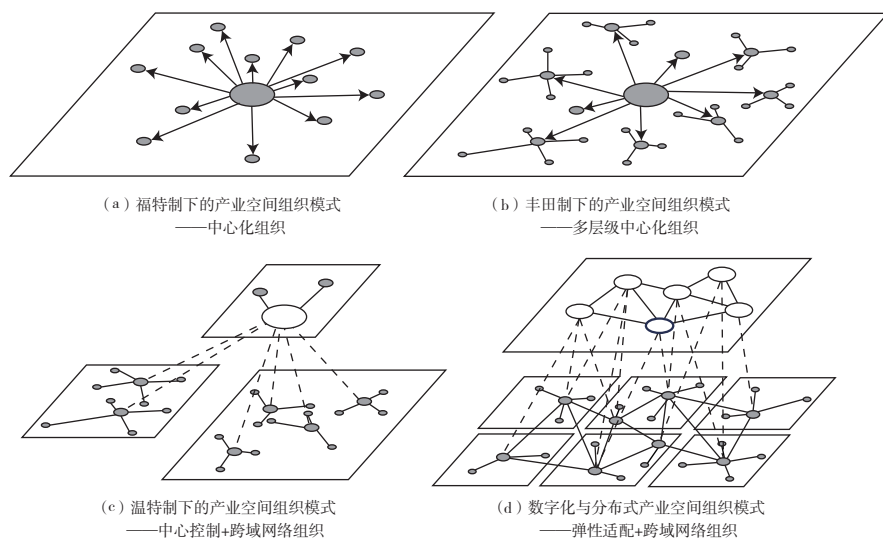


图1 不同工业生产系统的空间组织模式示意图

Fig.1 Spatial organization patterns of different industrial production systems

成为制造业空间的重要延伸。这一趋势在轻工业门类中已较为显著，如阿里的犀牛工厂、索菲亚的家具智能工厂等，均依赖广泛分布在城市中的线下门店和线上定制渠道提供生产需求。

(2) 信息技术的发展为制造业各环节的分散布局提供了可能性。当下，基于数字孪生、工业互联网等实现生产设备远程监控与维护已经较为容易，诸多行业的研发、管理等部门已经可以脱离具体制造环节灵活布局，实现研、造分离。由此，制造业企业的总部便会产生脱离园区而进入专业化研发办公区域的倾向，如深圳南山区已经体现出了类似的特征^[9]。

(3) 由生产流程“智能化”推动的制造执行端的“减人化”“无人化”重塑了工厂选址的空间偏好。未来部分工厂会更加偏向交通区位、物流成本、土地成本、能源供应更加有利的地段，在一定程度上已经没有与居住、服务等用地进行“产城融合”的必要，生产环节的空间离散化成为新趋势。如美国通用公司的极具灵活性的“炫工厂”，可以根据全球各地需要在同一厂房内切换不同的生产模式，生产发动机、风机、内燃机车等不同类型产品。从空间区位上看，该工厂位于远离城镇的远郊区，对周边公共服务要求不高，设计、制造、供应链等系统由数据链打通。此外，当代的代工生产模式（ODM）也为这种产业链环节之间分离的分布式布局提供了可靠支撑。

3 分布式生产系统渗透下的产业空间演化趋势与内在机制

3.1 工业生产系统的并存、混合及分布式演化方向

福特制、丰田制、温特制和分布式等工业生产系统源于不同技术背景、市场环境和产业发展阶段，互相之间存在继承、借鉴、渗透和融合的现象，而并非简单的替代关系。随着市场需求趋向于碎片化和工业技术的持续进步，单一生产系统必然难以覆盖全部市场需求。叠加行业差异性和地区发展水平差异性，几类工业生产系统在一定的时间内是必然并存且持续互动演化的。

就目前而言，传统工业生产系统全面进化至分布式生产仍然需要相当漫长的周期，而且并非所有的行业门类和产业环节都适宜采用分布式生产（表2）。根据王天然等^[2]的研究，“分散与集中相统一的制造系统”将是未来较长一段时间内的主流工业生产系统。根据对典型企业的观察，分布式生产的理念已经在

大多数行业得到一定程度的应用。如汽车行业以福特制和丰田制架构为基础，引入了温特制和分布式生产的前沿技术理念，形成了混合式的工业生产系统。在企业层面，特斯拉超级工厂是“福特制+分布式”的典型代表，比亚迪供应链则体现了一定的“丰田制+分布式”特征，大疆无人机、小米手机的生产流程

表1 典型温特制生产企业孤岛化布局案例
Tab.1 Typical case of isolated layout of Wintelism enterprises

工厂案例	台积电(南京)	三星(西安)	富士康(郑州)
空间边界	有实体围网 无制度围网	有实体围网 有制度围网(西安高新综合保税区)	有实体围网 有制度围网(郑州新郑综保区)
产业关联	与周边产业弱关联,仅有小部分供应链在本地,产品直接空运发往全球	与周边产业无关联,部分供应链在本地但分布在围网内部,产品直接空运发往全球	与周边产业无关联,供应链不在本地,产品直接空运发往全球
空间区位	城市远郊区的新城	城市远郊区,周边为城乡接合部	远离城市,紧靠机场枢纽
空间形态			

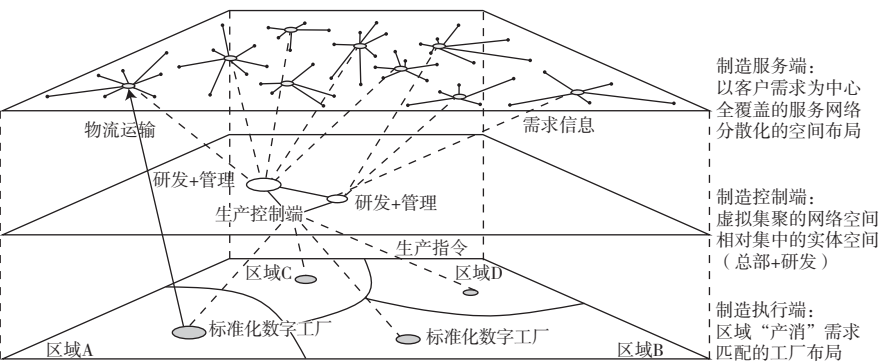


图2 分布式生产的虚实空间组织结构示意图
Fig.2 Virtual and real spatial organization structure of the distributed manufacturing

表2 几类工业生产系统的核心特征比较
Tab.2 Comparison of core characteristics of different industrial production systems

生产系统	核心逻辑	优势	局限性	典型行业/场景
福特制	标准化流水线、规模经济	低成本、高效率	无法应对需求波动	基础工业品(标准件)
丰田制	精益生产、有限外包	灵活性较高、减少库存浪费	依赖供应链稳定性	汽车、机械装备
温特制	模块化分工、全球价值链整合	快速创新迭代、优化资源配置	产业在地性不足	半导体、电子消费品
分布式	分散化网络、数字技术、人工智能驱动	定制化、服务化、灵活度极高	协同难度大,对研发和服务的要求高	家具建材、服装、医疗器械等

体现了“温特制+分布式”特征等。

3.2 宏观层面：产业集群、链群的局部解体和网络化重组

在数智化浪潮来临之前，产业空间组织一般都会受到地理区位的强约束。不论是围绕主机厂布局供应链的“链群”模式，还是突出单一环节竞争优势的“集群”模式，都有通过集中化布局降低物流、信息流成本的考虑。在新技术介入下，发达的信息网络和物流系统极大降低了供应链成本，使得跨区生产网络逐步形成完善，由此导致企业在地理空间上集中布局的需求弱化。企业生产流程的分散化布局是另一个必须考虑的因素：数智技术使得企业的管理、研发、生产、销售等环节寻找各自的最优区位成为可能性，研发制造销售一体的“工厂大院”被拆解，并形成差异化的集聚空间（图3）。

（1）制造业的研发和管理职能转变为制造服务业，趋向城市中心区位集聚：由于市场需求的多样化以及供应链复杂性的提升，制造业服务化成为重要趋势。这类功能需要更加贴近市场端，也需要更多研发、管理人员支撑和多源信息沟通与交流，因此企业在总部、研发功能的选择上更加趋向城市中心区位，并可能形成与传统商业商务中心空间形态相似的“中央智力区”^[19]。在区域尺度上，企业的管理、研发部门也更加倾向于布局在能级的城市，而低能级的城市则

更多承担制造执行端的功能。

（2）制造业生产端选择更靠近交通和能源，趋向于脱离城市向远郊区扩散：机器人使得工厂呈现出“减人化”“无人化”状态，其区位选择也相应摆脱了居住、公共服务等配套条件制约，可以选择土地、交通、能源成本最优的区位。在分布式模式下，相对零散和均匀的布局反而可以进一步降低物流成本和提升运输效率。

3.3 中微观层面：园区空间的规模化集聚与生产环节的单元化组织

在福特制和丰田制下，整个园区内的各个功能空间板块是强关联的，企业之间通过供应链关系或者服务—被服务关系形成了层级式的树状结构，因而也更容易形成“一区一主业”的专业化产业空间。在温特制生产背景下，企业更多与区域外的跨国公司产生关联，而区内企业间是一种弱关联的平行结构，虽然产生了空间集聚的现象，但并未形成内生性的产业网络。这种产业空间集聚的驱动因素并不都是来自产业链群上下游的自发集聚，开发区的产业政策优势、土地和基建成本优势、治理和服务效率优势等也是促进企业集聚的重要原因，如我国沿海地区一些外向型产业主导的开发区。

分布式生产的出现得益于温特制所架构的模块化生产模式、跨地域生产网络和发达的外包体系，在对市场的快速

反应能力、多样化的设计研发能力和生产智能化水平等方面又超越了温特制。在分布式模式下，制造服务成为重要的功能组成部分，生产功能反而相对被边缘化，产业空间的功能更加强调弹性和兼容性。因此分布式生产下园区内的企业关系很可能是一种包含多样化的竞争与协作关系的网络化结构，不仅包含了供应链上下游的关系，包含了企业之间非官方的人员流动、创意和灵感的交互，形成了具有较强在地性的马歇尔式产业集群^[20]。

由此，在分布式生产系统的渗透下，园区空间组织也将随之发生重大变化。虽然整体上园区依然是各类产、创要素高度集聚的空间复合体，但其内部的功能组织却更容易呈现出“离散化”“单元化”的特征，由此形成“拼贴化”的园区结构。在对苏州、南京、深圳等地产业园区的观察中，笔者发现空间尺度约为1 km的产业地块/街坊，正在成为不同类型产业空间“自组织”的基本单元（图4）。单元内空间的产业类型、功能业态、人员活动表现出高度一体化、复合化和强关联特征，而单元之间则多表现出弱关联甚至无关联的特征。这种单元化空间的典型特征和形成原因包含如下方面。

（1）基于福特制、丰田制生产流程或特殊管控需求的产业空间形成相对封闭的产业孤岛：除能源、原材料等少数特殊行业外，由单一企业主导的链状、树状组织的产业园区空间普遍面临被消解的趋势，但依然会因为技术、制度等因素保留部分生产环节，如汽车工业中的大型主机厂。另外，也存在海关特殊监管区等需要封闭化运行的区域，这些区域与其他类型产业空间、城市服务空间穿插，形成了园区中“孤岛式”的空间单元[图4(a)]。

（2）制造服务端的创新交流和市场服务需要催生了单元化空间供给：由于科技创新和创意设计等人才空间集聚的“创新浓度”^[21]的要求，产业空间高质量供给和精细化治理成为吸引产业和人才的必备条件。近年来，功能业态介于服务业和制造业之间的2.5产业空间成为产业园区空间供给的新趋势，如苏州工业园区出现了生物医药产业园、纳米城等

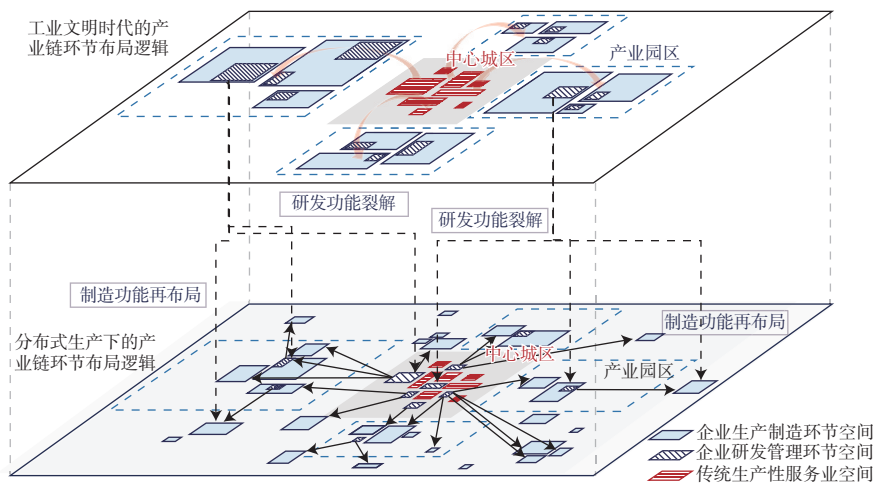


图3 分布式生产下产业链一群网络化重组的空间逻辑

Fig.3 Spatial Logic of networked restructuring of industrial chains and clusters under distributed manufacturing



图4 几类产业空间单元的尺度和形态特征

Fig.4 Scale and morphological characteristics of industrial spatial units

图片来源：作者基于百度地图平台的公开卫星图数据绘制

一系列集商务办公、研发、测试、小批量生产、生活服务等功能于一体的复合型产业空间单元。这类空间单元多采用街坊化布局，由物业统一管理运行，具备制造服务化和工业上楼的特征，构成了园区中产业创新的最基础“细胞”[图4(b)]。

(3) 制造执行端的高灵活度和负外部性推动了生产环节的“离散化”和“均质化”：一方面，某些生产功能的空间由于占地面积大、能耗高、物流组织复杂、环境影响大、易形成孤岛等原因，

在生产“无人化”的推动下，形成远郊区的独立产业单元，如特斯拉、小米的超级工厂等，甚至有部分企业出现了脱离规模化开发的园区而在城市郊区独立选址的情况[图4(c)]。另一方面，分布式生产技术抹平了一般性的制造功能对空间的需求，标准化以及能够快速响应的厂区成为重要的产业空间类型[图4(d)]。

3.4 技术—社会系统发展推动产业空间集—散的机制解析

产业空间的集聚并非先天就会发生

的，而是受到技术—社会系统演化综合影响的产物^[22]，工业生产系统的演化是技术变迁和社会生产组织模式互相适配和共同作用的结果。总体上看，工业革命以来的技术进步和社会生产组织模式的改良均以生产成本下降和盈利能力提升为导向，进而导致了产业空间在历史周期内的集聚和离散。见图5。

从技术进步视角看，能源供给和利用方式的改变以及运输方式和信息传播方式的改变是其中最重要的影响因素：①能源开采、运输和利用效率的持续提

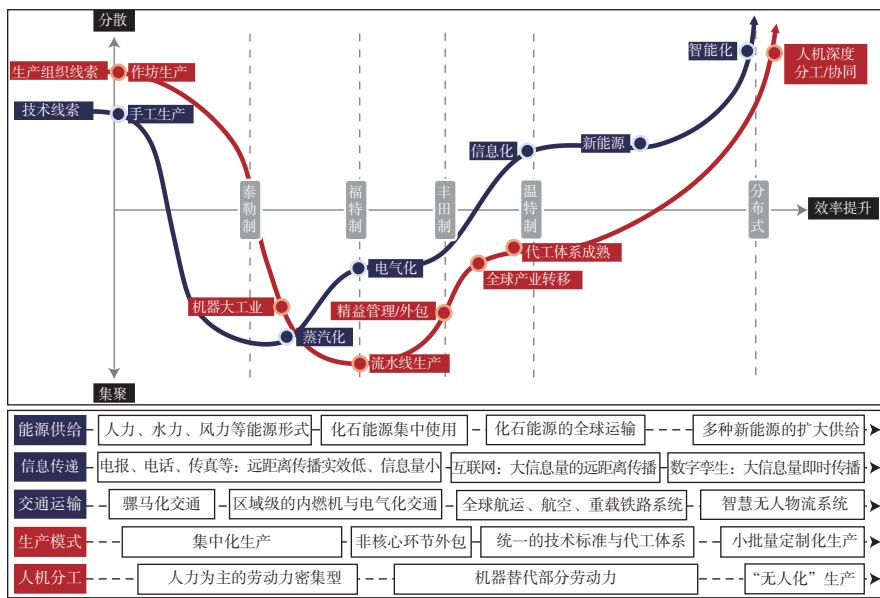


图5 技术—社会系统视角下的分布式产业空间形成机制

Fig.5 Formation mechanism of distributed industrial space from the perspective of technology social system

升导致产业空间“先聚后散”。早期手工业时代水力和风力导致了生产的相对分散，进入工业革命后化石能源的集中使用使得生产趋于集中化，未来更为广泛的能源来源和分布式能源系统的介入会为生产系统在区域中扩散提供充分条件。②交通运输成本的持续下降和物流体系的完善，为分布式生产的供应链组织提供了可能性。虽然分散化的交通成本必然高于集中式，但物流规模效应使得这种差距越来越不显著，未来若能普及无人物流系统，工业生产系统的物流成本将再次降低。③信息传播能力的提升为跨域生产网络组织提供了技术支撑，特别是温特制标准的建立使不同生产环节之间的沟通成本大幅度下降。在智能化浪潮下，数字孪生的生产方式更是提升了生产系统的响应速度，云端网络和实体生产网络之间也可以进行分布式的布局。

从社会生产组织的视角看，生产外包模式的形成和人机关系的持续演化是影响产业空间集散的核心要素：①外包模式的产生是建立在地市场需求不断走向丰富的基础上的，随着外包的产生，必然有部分生产环节被分离出去，并在空间上另寻区位。因此以福特制建立为临界点，外包环节的增多和程度的加深必

然带来产业空间的离散化趋势。②人机分工的改变为分布式的生产模式带来了新的可能性，在生产端机器人水平达到一定程度的情况下，产（此处仅指狭义的工业生产环节，而非就业空间）和城的关系就因为通勤需求的消失而变成了“弱联系”，以人为主的制造服务端和以机器为主的制造执行端在空间上更容易完成分离。

需要说明，上述讨论更多是从技术进步和社会对技术的适应角度出发进行的逻辑推演，“集聚”和“分散”这一组概念也更多指向产业链不同环节之间的空间组织。研究侧重于探讨分布式生产系统的介入可能对未来不同类型、不同环节的产业空间布局提供的更多灵活性和可能性，而非否定产业园区（开发区）内已经形成并不断巩固的产业空间集聚现象。事实上，产业园区（开发区）除了其独特的产业政策优势之外，也兼具基础设施投资和公共服务的规模效应，这同样是影响产业空间集散的重要因素。

4 产业空间规划的适应性策略

随着分布式生产体系的逐渐推广，既有的生产空间组织模式也面临着裂变与重组。如何适应新的技术演化趋势是

未来的产业空间规划要回答的重要问题。以下几个方面是前瞻考虑未来产业空间规划价值导向和技术原则的重要视角。

（1）重新思考“融合”与“离散”并行的产城空间关系：制造服务端的管理、研发人力的密集化和制造执行端的智能化和“减人化”“无人化”，可能会改变产业园区与城市空间的“产城融合”浪潮。制造执行端与城市空间的相对离散已经成为当下的重要趋势，职住之间的矛盾是否有新的呈现方式，以及是否需要坚持产业园区的“人地挂钩”和“产—居用地平衡”恐怕需要进行更多的科学论证。在规划实践中，以产业规模为主导的人口预测、用地匹配的技术路线需要结合产业数智化发展的最新趋势进行调整。

（2）引导产业空间布局从刚性的“链群模式”走向灵巧的“单元模式”：产业园区内部，紧密围绕“链主企业”布局配套企业的方式虽然在实践中依然具有一定的操作价值，但地理邻近的企业之间不再是“上下游”这种强关联、强控制的空间关系，而变成了隐性知识传播、人员流动、创意交互、共同创造等共生式的关系。因此，在产业园区空间布局中，以往的切地块式的产业空间规划和以地均绩效为主导的管理方式已经显得较为粗放。未来需要赋予产业空间单元一定的“自组织”可能性，引入对市场环境更为敏感的产业空间运营主体，从空间单元、地块、楼宇等不同层面考虑更加灵活多样的空间要素配置，确保各个生态位企业的成长空间。

（3）推动产业空间供给从“长效保障”走向“快速响应”：通过工业用地供给实现“筑巢引凤”始终是中国开发区发展的重要经验。以往工业用地的供给大多是契合福特制、丰田制和温特制生产特征的工业标准地，但供给类型和周期相对较为僵化。面向新的产业技术周期，土地利用弹性不足的问题可能会制约分布式生产系统的发展：一方面，分布式生产模式下诞生的大量小微企业无须整块拿地，而是需要满足灵活办公和生产的兼容性产业空间；另一方面，龙头企业的业务和产品类型也在发生快速变化。因此未来产业空间供给必须将空间的通用性、兼容性和可拓展性纳入考

虑,探索新的产业空间导引控制指标体系,以适应迅猛变化的生产方式转型。

5 结论与讨论

工业生产系统的演化代表着技术和社会进步驱动产业升级的内在逻辑。研究从福特制、丰田制、温特制等成熟工业生产系统的演化历程以及分布式生产系统的发展趋势出发,对典型空间案例进行了分析,并据此提出了未来产业空间发展的趋势性特征和城乡规划专业需要加以应对的技术拓展方向。分布式生产系统的诞生是大数据、物联网、人工智能等先进技术发展的重要趋势,并会向传统的生产系统渗透,带来“链群式”产业空间的解构和重组。产业空间组织体系的区域尺度更大、生产环节的空间分布更离散、空间利用的方式更加集约和灵活,将是分布式生产系统下产业空间的典型特征。据此,融合导向的传统产城空间关系、集中导向的空间布局模式、相对僵化和粗放的产业空间供给都是目前规划技术体系需要进行优化的重要方向。

但是,工业生产系统的演进与产业空间转型的逻辑关系是复杂的,考虑到产业门类的差异性和地区发展水平的不同,很难将不同的工业生产系统进行简单的“技术划代”,并导出其对应的空间模式。同时,由于目前依然处于人工智能等技术的爆发期,新技术的产业化应用也需要一定的周期,分布式生产、柔性生产、弹性制造、敏捷制造等新概念和新模式之间存在一定的相互交叉,跨学科研究较多,还未能形成一个稳定的学术概念和话语体系。受限于此,本研究也仅能通过局部的现象观察加以逻辑推演做有限前瞻。在此基础上开展对典型企业个案的追踪研究和不同产业和细

分行业的分类研究,是进一步探讨数智时代新技术对产业空间规划的长期影响的重要拓展方向。

感谢审稿专家对本文提出的宝贵修改意见。

参考文献

- [1] 王蒲生,杨君游,李平,等.产业哲学视野中全球生产方式的演化及其特征:从福特制、丰田制到温特制[J].科学技术与辩证法,2008(3):96-101.
- [2] 王天然,库涛,朱云龙,等.智能制造空间[J].信息与控制,2017,46(6):641-645.
- [3] 冉奥博,杨东.后福特主义下的新型智能产业空间规划策略[J].规划师,2023,39(7):16-23.
- [4] 冯汝状,沈静,魏成.后福特方式下城市产业空间格局和结构的演变:以广州服装产业为例[J].人文地理,2022,37(1):71-80.
- [5] 黄经南,于光平,杨石琳,等.从工业城市、后工业城市到人工智能城市:由当前机器人引发的城市产业空间演变思考[J].城市发展研究,2023,30(3):98-105.
- [6] 黄经南,杨石琳.机器人驱动下城市空间演变及规划对策:一些初步的设想[J].城市发展研究,2021,28(3):58-64.
- [7] 彭坤焘,田旭,张雪.技术革命与产业空间的转型升级策略探索[J].西部人居环境学刊,2020,35(2):74-81.
- [8] 刘晓君.福特制(Fordism)的百年[J].自然辩证法研究,2001(3):62-66.
- [9] 吕建强,许艳丽.从泰勒制到温特制:生产系统演进与职业教育应对[J].高等工程教育研究,2023(3):125-130.
- [10] 梁红月.丰田生产方式的起源与演化[J].中国质量,2004(4):37-39.
- [11] 万长松.丰田生产方式的产业哲学基础[J].自然辩证法研究,2006(12):69-72.
- [12] 齐二石.丰田生产方式及其在中国的应用分析[J].工业工程与管理,1997(4):37-39.
- [13] 沃麦克,琼斯.改变世界的机器[M].北京:商务印书馆,1999.
- [14] 唐振龙.生产组织方式变革、制造业成长与竞争优势:从工厂制到温特制[J].世界经济与政治论坛,2006(3):60-65.
- [15] 黄卫平,朱文晖.温特制:美国新经济与全球产业重组的微观基础[J].美国研究,2004(2):7-24.
- [16] 单宝.温特制:跨国公司生产组织方式的变革及其启示[J].科技管理研究,2008,(7):300-302.
- [17] 孙宇.信息通信技术革命和产业组织的结构演化:走向后钱德勒时代的思考[J].管理世界,2008(6):178-179.
- [18] 童昕,蔡一帆.全球化下的“生产消费者”:分布式生产系统研究评述[J].地理科学进展,2019,38(10):1490-1500.
- [19] 许闻博,王兴平,陈秋伊.制造业企业迁移和城市创新格局演化互动:基于51家深圳企业的实证[J].城市规划学刊,2023(3):92-99.
- [20] 袁奇峰,李刚,薛燕府.产业集群视角下广州开发区的科创转型与空间响应[J].城市规划学刊,2022(4):95-102.
- [21] 蔡云楠,黄世鑫,倪红.创新驱动下城市创新产业单元空间特征及规划策略[J].城市发展研究,2021,28(1):78-85.
- [22] TRIST E L, BAMFORTH K W. Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting: an examination of the psychological situation and defences of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system[J]. Human Relations, 1951, 4(1): 3-38.

修回: 2025-04