

# “机器人”时代的新型智能产业空间需求与规划响应

——以中山北部产业园规划设计为例

魏 成, 陈赛男, 邱可盈, 沈 静, 朱 江

**【摘要】**在全球第四次工业革命浪潮下,各先进制造业地区加速以“机器人”为表征的智能制造发展,由此引发诸多产业空间新现象的出现。捕捉“机器人”背景下产业结构与产业空间发展的新趋势,认为“机器人”将从新业态推动空间功能多元化、新劳动力结构促进环境提升、新设施引发智能载体的出现、新生产组织改变用地构成等方面驱动产业空间变革。基于中山北部产业园规划设计实践,从产业结构升级、智造载体供给、智慧物流引进和宜业环境营造等方面提出“机器人”时期的规划响应策略,以期为我国未来产业空间的有序布局与规划建设提供前瞻性指引。

**【关键词】**机器人;生产变革;产业空间;规划响应

**【文章编号】**1006-0022(2023)07-0024-08 **【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**B

**【引文格式】**魏成,陈赛男,邱可盈,等.“机器人”时代的新型智能产业空间需求与规划响应:以中山北部产业园规划设计为例[J].规划师,2023(7):24-31.

New Industrial Space Demand and Planning Response in the Era of "Machines Replacing People": The Case of Industrial Park in Northern Zhongshan/WEI Cheng, CHEN Sainan, QIU Keying, SHEN Jing, ZHU Jiang

**【Abstract】**In the wave of the fourth industrial revolution, the development of intelligent manufacturing characterized by "machines replacing people" has been accelerated, which leads to the emergence of many new industrial space phenomena. The new trends in industrial structure and space under the background of "machines replacing people" are captured, and that "machines replacing people" will drive industrial space reform in such aspects as new business forms promoting spatial function diversification, new labor structure promoting environment improvement, new facilities leading to the emergence of intelligent carriers, and new production organizations changing the composition of land use are sorted out. Based on the planning and design practice of industrial park in northern Zhongshan, the planning and design strategies in the aspects of industrial structure upgrading, intelligent carrier supply, intelligent logistics introduction and suitable working environment construction are proposed, in order to provide forward-looking guidance for the orderly layout, planning and construction of the industrial space in the future.

**【Key words】**machines replacing people; production reform; industrial space; planning response

## 0 引言

在全球第四次工业革命浪潮下,先进制造业国家纷纷进军以“硬件”机器人与“软件”人工智能、工业大数据、工业互联网等技术为核心支撑的智能制造领域,致使“机器人”现象涌现,即企业引进智能化设

施以取代部分产业环节人类劳动力的现象成为新兴趋势,一般包含局部设施加装、整条生产线改造、管理系统升级等不同程度的智能化应用。随着人口红利消失带来的“用工荒”及市场需求的变化,在各级政府的积极推动下,高端产业的“智能化”升级与低端产业的“省人化”转型两头并进,我国“机器人”的

**【基金项目】**国家自然科学基金项目(42271181、51878284)

**【作者简介】**魏 成,博士,华南理工大学建筑学院、亚热带建筑与城市科学全国重点实验室教授、博士生导师。

陈赛男,华南理工大学建筑学院、亚热带建筑与城市科学全国重点实验室硕士研究生。

邱可盈,华南理工大学建筑学院、亚热带建筑与城市科学全国重点实验室硕士研究生。

沈 静,博士,中山大学地理科学与规划学院副教授、博士生导师。

朱 江,通信作者,教授级高级工程师,现任职于广州市城市规划勘测设计研究院。

探索与实践已走在前沿。国家统计局数据显示,2022年我国服务机器人与工业机器人产量近700万套<sup>[1]</sup>,拥有全球最大的机器人市场。李郁团队的研究报告指出,当前珠三角地区机器人的劳动力替代率达10%<sup>[2]</sup>。麦肯锡预言,未来全球将有近8亿人因“机器人”发生工作变动<sup>[3]</sup>。诞生于特定领域的机械手逐步向通用行业的智能机器人演进,引发了人类社会生产生活方式的巨大变革。同时,“熄灯工厂”、无人仓库等空间新现象的陆续出现,表明“机器人”已然推动产业空间功能组织与形态等方面的显著变化,给城市空间的规划建设带来了新的命题与挑战。

当前,学界已关注到“机器人”对城市发展所产生的影响,主要聚焦于产业升级与经济增长影响<sup>[4-5]</sup>、劳动力就业效应<sup>[6]</sup>、公共设施与服务优化<sup>[7-8]</sup>等方面。尽管也有一些学者对“机器人”驱动的空间变革进行初步探讨,如:黄玫瑜等提出“机器人”通过促进创新要素的分散与集聚以重塑产业空间格局<sup>[9]</sup>;黄经南等认为“机器人”改变生产活动与劳动力结构,进而使产业空间和城市空间在结构、区位、形态和规模等方面发生变化<sup>[10]</sup>;秦小珍等进一步提出依托制度型功能平台是机器人产业发展及“机器人”实施的重要因素<sup>[11]</sup>等。整体而言,既有研究在“机器人”空间影响方面的探讨仍较为薄弱,尚未有结合需求与实践探讨产业空间变化新趋势和新载体的系统性论述。梳理“机器人”引发的产业空间变化,有利于引导未来城市产业空间的有序发展与建设,对于丰富与深化新时期我国产业空间的学术研究亦具有重要意义。本文综合理论分析、行业实践等方法,从技术、社会和空间等方面的需求出发,综合研判“机器人”背景下以近、中期为主的产业结构与产业空间变化的新趋势,结合中山北部产业园的城市设计项目实践,提出针对性的产业空间规划设计要点,以期在城市

未来发展及空间规划提供前瞻性建议。

## 1 “机器人”时代产业结构发展趋势及空间需求变化

### 1.1 产业结构发展趋势

“机器人”所引发的智能制造生产范式革新,即通过改变人力、资金、技术和知识等发展要素的配置,推动新兴智能产业的兴起和传统产业部门的改造,进而引导产业结构实现高端化转型<sup>[12]</sup>。

#### (1) 新兴制造领域的崛起

工业应用需求拉动以智能装备为核心的新领域兴起。“机器人”以智能自动化设备取代传统人力的体力型、技术型甚至是脑力型劳动,各类自控制、可编程、高效率生产设备的产业化即是“机器人”所引发的核心新经济增长点。依据机器构造、功能与产业组织,由“机器人”引导的新兴制造业可归为工业机器人、数控机床和其他领域。工业机器人多呈现多关节机械手形态,应用于焊接、搬运、装配、处理、喷涂、检测等工业场景,中国电子学会发布的《中国机器人产业发展报告(2022年)》预计我国机器人市场规模将达到174亿美元;数控机床则是指在数字化控制系统下将材料加工成特定样式工件的机器。此外,“机器人”也促进了智能装备基础部件,如半导体芯片、工业传感器、检测设备等产业的兴起。

#### (2) 既有制造行业的转型

传统劳动密集型和高精尖产业智能化升级。一方面,劳动力和土地成本的持续上涨,促使汽车、家电、纺织服装、食品饮料等成本敏感型行业纷纷实施智能化、自动化战略。孙中伟等通过对广东逾600家企业的调研明确指出,汽车企业“机器人”实施占比达42.64%<sup>[13]</sup>。另一方面,生物医药、电子信息等行业生产精度要求高,智能装备对提升生产质量和效率具有显著作用,因而得到行业普遍应用。

智能化产品趋势引发产品结构调整。在供给端,“机器人”高度发展下的混合协同智能化制造,可实现产品的小批量定制化柔性生产;在需求端,经济发展水平的提高使人们偏好购买个性化且便利优质的产品。供需两侧升级使满足消费者新需求的智能化产品成为主流趋势,不断提高在产品结构中的占比。

#### (3) 专业服务部门的孵化

工业信息科技、培训、金融、物流等服务业稳步发展。“机器人”的发展方兴未艾,各制造行业“领头羊”企业为保持竞争力,纷纷开设相关业务子公司抢占新风口。知识技术要求高、资金规模要求高,使得专业化的外部服务业部门逐渐壮大。外部服务业部门主要提供以下服务:工业大数据、工业互联网、人工智能、智造方案咨询等方面的信息科技服务;智能设施使用培训、维修、保养等服务;面向中小微企业的设施改造与租赁金融服务;高效调度生产物料与工业成品的智慧物流服务等。

### 1.2 产业空间需求变化

“机器人”通过引发新业态、新劳动力结构、新生产设施及新生产组织等多方面的变革,从功能复合化、环境品质化、载体智能化、用地组织优化等多方面对产业空间产生深远影响。见图1。

#### 1.2.1 新业态结构推动功能复合化

新业态结构不但拓展了微观载体功能类型,而且推动了宏观制造和服务功能的融合。从微观层面来看,新产业类型产生新载体需求,由“机器人”延伸出的智能装备类制造业多为知识技术密集型产业,注重智能工厂、研究院、实验室、产品试制中心等功能配置;由“机器人”带动的工业信息科技、培训、金融等生产性服务业,则强调创意园区和创意办公等功能配置。从宏观层面来看,新产业领域企业及机构的区位选择,将影响地区产业集聚区的功能结构。例如,东莞市大朗镇纺织行业引入

“机器人”，推动了数控织机的工厂、研发及销售机构的蓬勃发展，企业集聚形成新的数控织机专业街<sup>[14]</sup>。政府往往也会通过专业功能平台的规划，引导服务于地区产业升级的创新要素集聚，进而加速跨部门与跨行业的功能融合。例如，佛山市顺德区通过机器人智造谷、机器人制造基地、机器人创新产业区等功能组团的规划<sup>[9]</sup>，加快了机器装备产业、创新服务业与家电产业之间的协同发展。

### 1.2.2 新设施引发智能载体的出现

“无人工厂”，即“机器人”在制造业高度应用的核心载体。“无人工厂”通过工业互联网高效对接市场需求，以人工智能决策平台优化生产资源与产品调度，通过工业机器人和智能生产线实现从进料、生产到组装的绝大部分流程自动化<sup>[15]</sup>。智能化设施本身的重量、体量和对作业空间范围的要求，以及设施相互接驳的占地需求，尤其是传统单线型生产向多部件协同的交叉并线混合生产转变，使“无人工厂”在承重、层高和占地规模上都远大于传统工厂。

“共性工厂”，即污染工序集中处理的智能专业工厂。在碳减排目标导向下，制造业的能耗污染管控日益严峻。“机器人”与高污染生产环节（如喷涂、清洗、电泳、蚀刻、打磨等）具有适配性，且能避免作业环境差导致的员工健康问题。囿于资金和回本周期，当前中小企业自动化智能设施应用程度较低，因此政府推出了面向中小企业、集中治理高污染工序的“智能共性工厂”。

“无人仓库”，即工业物流智能化升级的新型载体。工业物流仓储因其标准化的运输物件可实现整进整出，在网购消费与电子商务兴起带动下成为“机器人”的重要应用场景。高度自动化的供应管理仓、产地成品仓、市场前置仓等在工业集聚区及城市近郊区不断涌现。智能分拣线、立体高架库、自动堆垛机等大体量设施的应用，使得仓库的空间跨度、建筑净高明显增大。

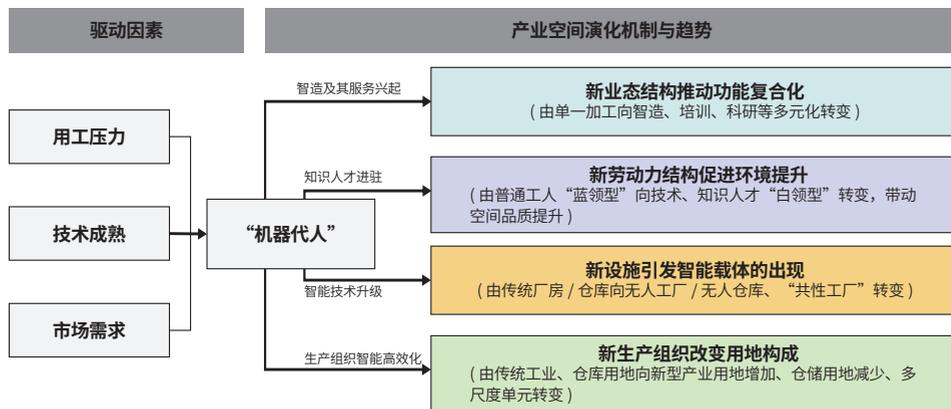


图1 “机器人”驱动产业空间变革趋势与机制图

### 1.2.3 新劳动力结构促进环境提升

一方面，“机器人”具有对中、低端人力资本的“替代效应”，导致低品质配套规模缩减。当前，“机器人”主要应用在机械重复、危险性高、污染性大及精准操作类环节，能够为企业减少大量人类劳动力。可以预见，“机器人”的兴起至全面普及，会使低技能人类劳动力占比逐渐降低，过去低品质的配套将因无法匹配新劳动力结构而发生改变。

另一方面，“机器人”还存在技术型就业岗位的“创造效应”，推动配套设施与环境的提升以应对人才和企业需求。机器人产业发展和传统制造业升级将衍生大量知识技术型新岗位，如机器设备的操作及维修员、机器人程序员、生产数据分析师等，他们通常追求品质化的生态环境、居住空间和公共服务。这类高素质人才是“机器人”时期产业高质量发展的核心动力，如何满足人才需求将得到企业和政府的高度重视，进而推动工业区各类生活性设施和工作就业环境的完善升级。

“机器人”的实施促进劳动力结构从“蓝领型”不断向“白领型”升级<sup>[16]</sup>，致使低端配套需求减少而高端配套需求增加。在存量空间背景下，环境优美、集约开发、多元功能的产业配套空间将成为优先选择。

### 1.2.4 新生产组织改变用地构成

新型智能产业用地供给增加，且强

调多尺度空间单元营造。“机器人”的应用使生产性服务与创新空间的需求激增，并且随着劳动力结构转变，人才工作地点附近的便捷生活设施成为刚需配置，因而强调科创研发、中试质检、轻型生产、学习培训、公寓居住等多元功能混合布局的新型智能产业用地占比将显著提升。在工业一类、二类用地上，兼顾企业成长周期规律和新一代智能工厂规模需求，新时期的用地划分应形成从巨型到大、中、小等多尺度的空间单元体系。

智能物流与即时生产促使物流仓储用地大幅减少。智慧物流运输、人工智能排产与自动化生产的结合，使物料和成品两侧的即时供应成为现实，制造企业由此无限接近“零库存”，并大幅节省工厂仓储空间。随着“机器人”与工业生产、物流仓储的深度融合，专业化的第三方智能仓库不断整合传统工厂的零散仓储需求，以技术与效率的提升替代空间规模扩张，因此工业集聚区的物流仓储用地规模将显著减小。

## 2 “机器人”时代应对新型智能产业空间需求的规划策略

### 2.1 面向智能制造的产业升级策略

一是谋划区域协同、根植本地基础、培育新业态，明确产业升级方向。谋划区域协同，主动对接周边地区的先进

产业方向，加快重塑资源、工序、劳动等方面的分工合作关系，以优势互补强化协同发展竞争力。根植本地基础，识别地方优势主导产业作为实施“机器代人”的重点领域，以智能化改造提高产业发展效益，进而推动低端加工制造向微笑曲线两端的高附加值环节转型。培育新兴业态，围绕本土产业智能化升级，发展行业融合型的智能装备、工业信息科技、智慧物流等新兴高端产业。

二是构建智能制造导向的产业生态链。整合内外资源，构建地区优势制造业、智能装备与专业生产性服务业紧密结合的产业体系。面向产业链、供应链与创新链耦合<sup>[17]</sup>，重点强化建链、强链、补链、延链的环节领域，形成覆盖研发创新、中试检测、智能制造、智慧物流以及智能化咨询、培训、金融等服务的生态链<sup>[18]</sup>。

## 2.2 企业需求导向的智造载体策略

一是建立满足大、中、小企业需求的模块化智造单元。结合行业标杆式智造基地的空间特征，精细化匹配企业需求。规划大型企业用地为 10~20 hm<sup>2</sup>，中型企业用地为 5~10 hm<sup>2</sup>，小型企业采用 5~10 hm<sup>2</sup> 混合用地可提高空间效益。面向龙头企业则通过灵活整合邻近单元以满足其用地需求，规模可达 50 hm<sup>2</sup>。见图 2、图 3、图 4。

二是建设行业定制化的组合型生产厂房。不同行业对建筑载体的要求有所差异，如：家电、装备制造的钣金、冲压、激光切割等前端工序设施较重，且工作时震动、噪声较大，需布置在 1 楼；组装、轻型生产、仓储等功能则可在 2 层及以上楼层布局；电子信息对车间环境洁净程度要求较高，但设备承重要求低，因此所在楼层较高；轻型制造的传统单栋厂房一般占地几百至几千平方米，而智能自动化工厂占地普遍上万平方米，楼层数量以 2~3 层居多。规划引导智能厂房与普通厂房组合供给，以满足处于不同发展阶段、不同行业的企业空间

需求。

三是配置集中治污的“智能共性工厂”。针对制造业不可避免的共性污染工序，需建设集中治理污染的共性环保工厂。工厂选址尽可能位于工业区边缘区且远离居民生活区的位置，依据污染影响的空间范围划分核心区、缓冲区、拓展区、辐射区并设置隔离绿化带，同

时厂区内高标准配置工业废气、废水集中处理设施。

四是打造多元功能混合的研发创新孵化单元。功能区块中心集中布置集研发、中试、无污染制造、综合配套等于一体的产业邻里单元，搭建提供创业、创新成果转化、测试检验、技术交流等服务的公共平台，在空间营造上强调组

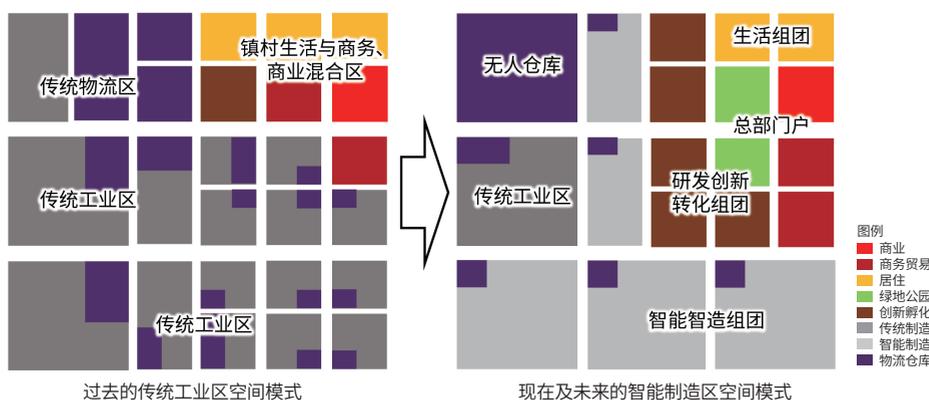


图 2 “机器代人”推动产业空间模式转型示意图

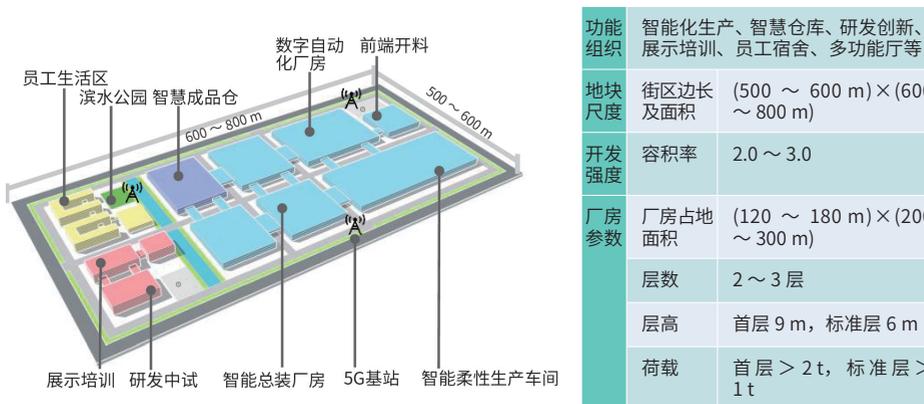


图 3 大型制造产业单元与空间参数指引图（以龙头企业为例）

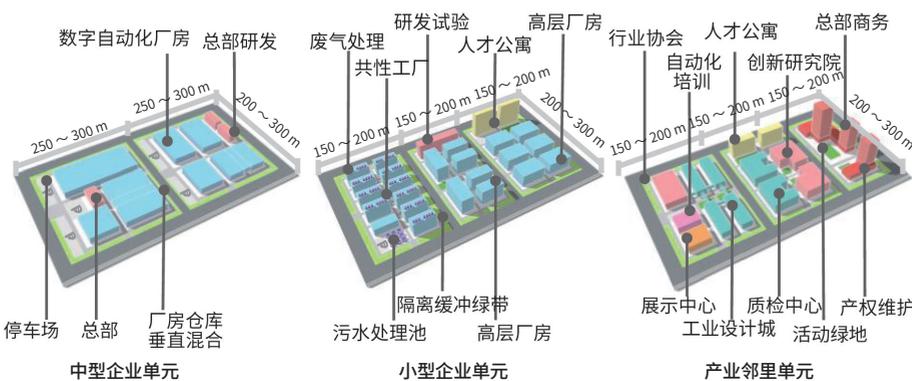


图 4 中小型产业单元与载体规划指引图

团感、开放性与交往性，加速科研机构、企业、院校等创新成果的孵化转化。

### 2.3 技术集成应用的智慧物流策略

一是谋划区域层面的战略布局。优化服务于地区主导或战略产业的国内外原材料、部件、成品供应链，面向厂商在工业集聚区重点布置供应管理型和产地成品型仓库，面向消费者则在城市近郊区布置市场前置型仓库。此外，还可采用多式交通联运的物流运输方式，强化内外联通的基础设施支撑。

二是强调打造智能物流综合体。在智慧物流与智能仓储高度发展的时期，率先布局智能物流综合体，注重集成化信息管理平台、自动化仓储管理系统、自动化立体仓库、自动分拣线等系统设施的应用，实现订单响应、供应管理、仓储服务等全流程智慧高效运作。

三是制定仓储空间组织的规划指引。在用地规模方面，在同等货物运量规模下，智慧物流仓储较传统方式运转效率提升3倍以上，仓储用地可节省超过一半的面积，因此在用地规划中可适当降低仓储用地占比，并划分大地块、大街区以满足巨型智能仓的空间需求。在功能布局方面，因地制宜组织大件仓、小件仓、物流转运区、加工处理区、电商孵化区、金融结算办公区、职工生活区等业态功能。在仓库载体方面，对空间跨度、建筑净高、空中坡道和空中装卸

平台等作出建设指引。见图5。

### 2.4 吸引智造人才的品质人居策略

一是打造舒适宜人的生态环境。以人才生活、产业创新与自然生态的协同互动为导向，依托地方重要的河流、山脉、树林等建立生态廊道和创新产业带，建立郊野公园、城镇公园与口袋公园相结合的公园体系，提升人才绿色休闲场所的品质。

二是提供便捷优质的公共服务。为满足“机器人”时期高素质人才生活配套的需求，补齐工业集聚区在教育、医疗等基础性公共服务方面的短板，加快供给商业购物、休闲娱乐、文体健身等方面的优质设施。建立空间分层级设施体系，区域性设施倡导产城共建共享，社区级公共服务设施强调针对不同人群提供精细化供给服务。

三是营造激发创新活力的公共场所。公共开放空间是工业集聚区促进人才通过非正式交往实现知识共享与创新活动的重要空间载体<sup>[19]</sup>，规划可通过打造活力共享的高质量河滨走廊、科创广场及咖啡吧等第三空间来丰富交往空间和营造创新氛围。

## 3 “机器人”趋势下的中山北部产业园规划响应

中山北部产业园地处广州、佛山、中山3市交会处，涵盖中山北部黄圃、

三角两镇主要区域，规划研究范围为93.94 km<sup>2</sup>(图6)，是新时期中山为加快经济高质量转型的重大战略平台。

本文以“机器人”时期的产业空间新趋势作为指引，结合不同产业生产组织、生命周期规律、人才生活需求等，以中山北部产业园为实践对象，研判产业与空间转型升级的基础、困境与机遇，从产业结构升级、智造载体定制、宜人人居环境等方面提出规划策略并落实设计。

### 3.1 产业转型的基础、困境与机遇

#### 3.1.1 战略平台重塑经济格局

在市级平台引领的新格局下，中山北部产业园定位为“珠西智造高地”。改革开放以来，中山形成的“一镇一品”专业镇经济是珠三角地区最具有代表性的发展模式之一<sup>[20]</sup>。但随着制度红利与要素成本优势的衰退，“小马拉大车”式的发展逐渐陷入瓶颈。为加快经济提质扩能，中山打破镇街行政藩篱，以市级力量统筹、整合、扩容、提升一批产业集聚区作为重大战略平台，并引导项目、资金、土地指标等资源集中优先供给。在平台引领的中山新经济格局中，北部产业平台需发挥交通枢纽优势，承担向先进制造与创新转化转型升级的使命，打造珠江西岸的智能智造产业高地。

#### 3.1.2 产业结构转型升级困境

近年来，中山北部产业园依托家电、电子信息、五金材料等产业取得了卓越

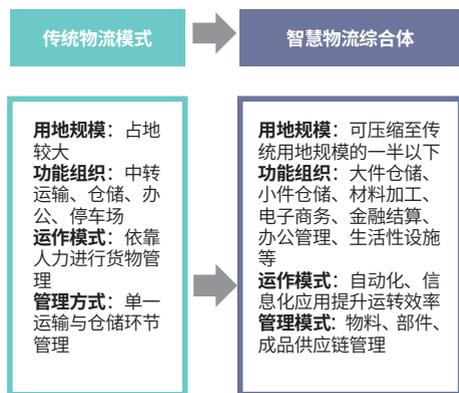


图5 智慧物流规模与载体规划图

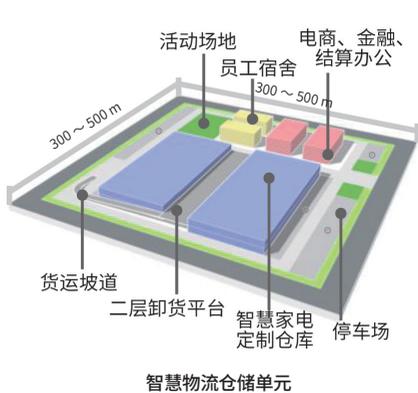


图6 中山北部产业园在珠江西岸及中山产业平台格局中的区位图

成就,规模以上工业产值高达400亿元。其中,家电作为支柱产业,集聚企业逾千家,产值占比将近50%,并且背靠顺德—中山连绵成片的全球规模最大的家电集群<sup>[21]</sup>。

与此同时,中山北部产业园面临价值链层次低、工业污染大、用工招工紧缺等问题。价值链处于低位主要体现在园区大量企业依赖于国外厂商的代工外贸,受发达国家或地区技术封锁、贸易壁垒和市场垄断等方面的挤压,被锁定在设备制造、部件生产、成品组装等低端环节。虽然近年引进一些检测机构和实验室,但是其研发囿于生产工艺和产品外观等方面,创新层次不高。必要工序存在污染主要体现在家电的喷涂、电子信息的电镀和纺织的印染等必要工序所产生的工业废水、废气,对环境影响大且能耗高。产业人才紧缺主要体现在随着人口老龄化、中西部经济崛起及新生代务工人员就业需求升级,包括中山北部地区在内的我国沿海地区出现结构性“用工荒”<sup>[22]</sup>,面临技术人员与流水线工人双重紧缺的“两头难”困境。

### 3.1.3 地方“机器人”发展态势

广东实施“机器人”的制造业企业早已逾半数,深圳、东莞、佛山、广州等地的智能制造进程更是走在前列,而深圳电子信息、南沙新能源汽车、顺德家电等行业“无人工厂”的落地将湾区智造推向新的高峰。当前,中山北部产业园已有上百家企业进行了不同程度的智能化改造,《中山市推进制造业数字化智能化转型发展若干政策措施》提到的系列政策、资金、公共平台等政务服务,更是为企业智能化转型提供了有力保障。在市场自发与政府推动力量下,以“机器人”为表征的高度智能自动化制造将成为未来重要趋势。

## 3.2 中山北部产业园空间的发展需求

一是工业用地效益低下,亟待更新

改造与集约开发。中山北部产业园土地开发效益偏低,仍存在着大量“小、散、乱”老旧村级工业园厂房,工业地均产值仅为28亿元/km<sup>2</sup>。在增量用地指标日益稀缺的国土空间规划管控时期,急需通过改造连片低效存量用地腾挪出满足新型智能产业发展的空间<sup>[23]</sup>。

二是生活配套滞后与环境品质低下加速人才流失,人居环境有待提升。中山北部产业园的教育、医疗、娱乐、品质居住等设施缺口较大,尤其是学校教育和娱乐消费类刚需性设施的短板将导致企业管理层、技术型人才和熟练工人均难以长期在职。此外,中山北部地区拥有蓝绿交织的良好生态本底,水网密度高达1.6km/km<sup>2</sup>,但城镇建成区工业用地和居住用地混杂、品质不高,未彰显水乡生态优势。对于高素质智能制造型人才来说,中山北部产业园的现状设施与环境吸引力明显不足。

三是产业结构升级引发新空间载体需求。家电、电子信息、五金材料等作为中山北部产业园的主导产业,已有大量企业实施“机器人”改造。同时,面对市场对智能个性化产品需求的激增,发展智能家电、智能电子信息、智能装备及相关专业服务业是大势所趋。因此,新时期中山北部产业园必然要重视“无人工厂”、“共性工厂”、“无人仓库”及研发创新中心等产业载体的

发展建设。

## 3.3 中山北部产业园规划设计响应

### 3.3.1 构建“3+N”智能制造产业体系

“3”表示整合外部创新资源与内部升级需求,发展智能家电、电子信息和智能装备3大主导产业;“N”表示将专业服务业、传统制造升级和新兴制造培育作为“N”个支撑。在大湾区一体化格局下,各城市及城市内部间的竞合关系不断加强<sup>[24]</sup>,中山北部产业园可借区域力量推进高端化、智能化、创新化产业升级重构,打造广佛中融合发展先行试验区:西联顺德,向智能家电、家电开源芯片、智能穿戴设备方向转型;北融南沙,向数控智能装备、自动驾驶部件、节能环保设备等领域发展;东接深圳,抓住深中通道建设契机,向物联网传感器、新一代信息技术等领域布局。此外,加强智慧物流、检测认证、展贸服务、教育培训等智能制造的支撑性专业服务业发展。见图7。

### 3.3.2 营造行业定制化的新型智能产业空间

一是搭建组织有序、功能协同的空间结构。引导优化集群分工组织,打破镇村级园区各自为政的局面,整合原有优势产业,以产业组团统筹形成科创湾、智造岛、电子园、枢纽港和综合服务中心等协同



图7 中山北部产业园规划产业体系示意图

互补的空间功能结构，并建立促进区域协同的产城联动轴（图8）。最终的空间方案明确产业用地占园区总用地的60%，以一类工业用地为主、新型智能产业用地和物流用地为辅，并指引了重点项目的布局（图9）。

二是打造行业定制化的智能制造新型载体。①发展智造工厂。依据家电、工业机器人装备、电子信息等领域新型载体特征，在增量片区划分10hm<sup>2</sup>以上的大型单元发展巨型智能工厂，街区尺度多为(200~300m)×(300~500m)。在存量改造片区整合碎片用地，形成平均面积为5hm<sup>2</sup>以上的空间单元，街区尺度多为(100~200m)×(200~300m)，发展高层智造工业地产和大中型智能制造工厂。②布置“共性工厂”。规划在科创湾、电子园、枢纽港各设置1座“共性工厂”，对喷涂、电镀、拉丝等污染工序产生的废气、废水及固体废物进行集中处理，厂区独立占地且结合道路、绿化、水体等设置缓冲区，布局环保实验室、培训中心、科普展馆等。③营造创新社区。各功能区块规划至少1处创新孵化单元（如联合实验室、研创中心、智创社区等），注重实验室、质检、中试、轻型制造和商业配套功能的混合布局，以围合院落营造科研空间的私密感，以中央绿带和创客中庭营造创新交往空间。④在各功能组团因地制宜组合上述产业载体，形成不同空间模块。例如：在科创湾、智造岛引导形成家电智造工厂、家电芯片智造工厂、研创中心、人才服务等主导的空间模块（图10）；在电子园则形成电子元件智造工厂与技术研发型社区主导的空间模块等。

三是以优化产业供应链为导向，发展智慧物流综合体。发挥中山集聚公路、水路、铁路等多种交通方式的优势，发展区域级多式联运物流枢纽中心，瞄准珠江西岸物流枢纽中心的愿景高标准规划建设。在优化产业供应链导向下发展智能物流综合体，匹配1145万吨的枢纽

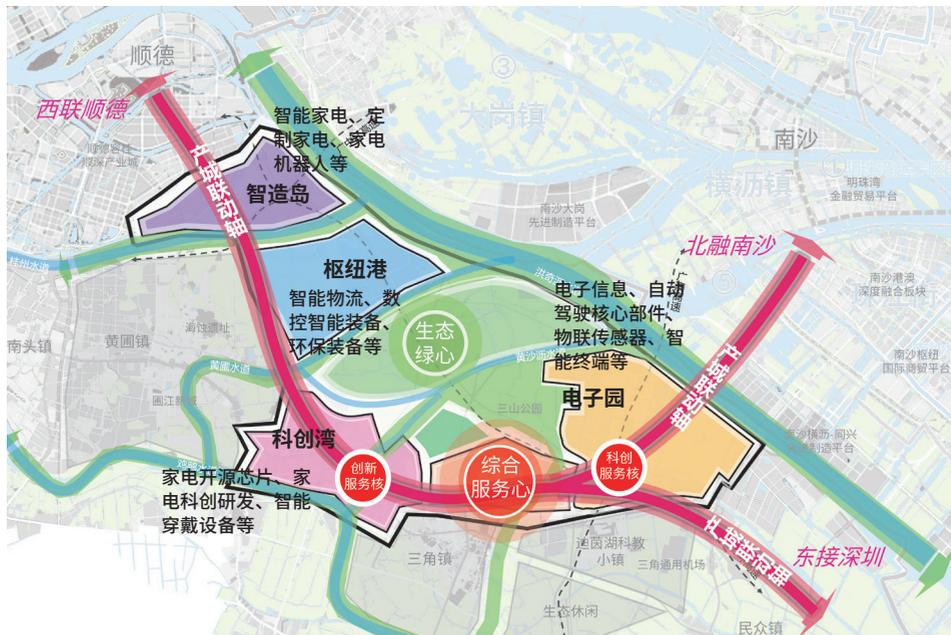


图8 中山北部产业园空间总体结构规划图

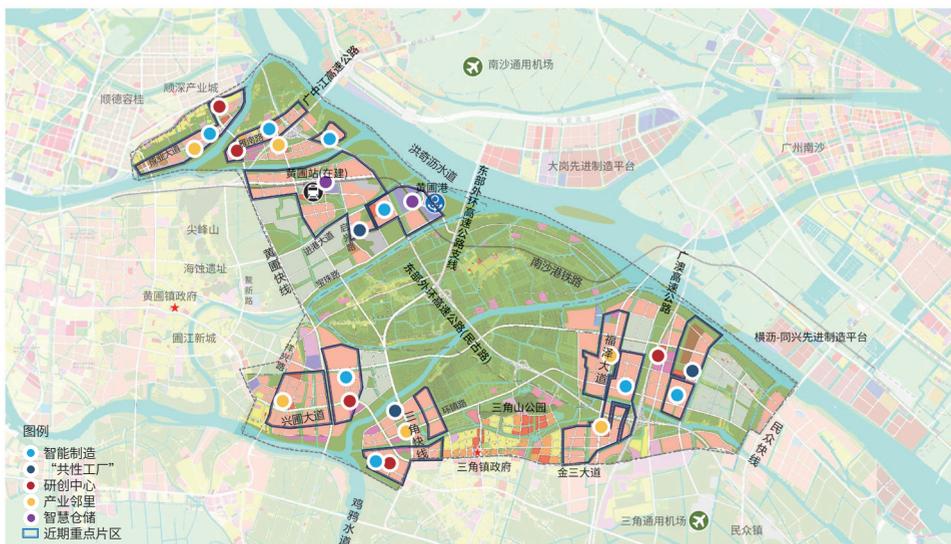


图9 中山北部产业园总体用地方案与重点项目布局图

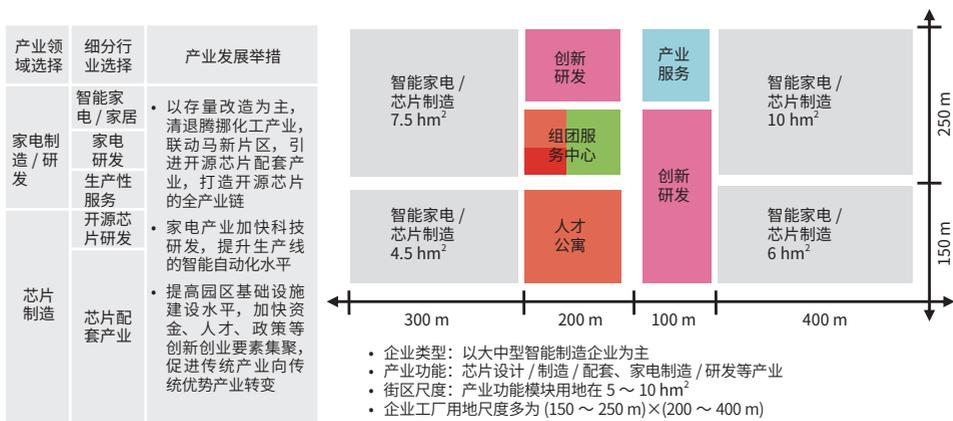


图10 中山北部产业园的空间模块发展指引图（以科创湾版块为例）

港货吞吐预测量,规划 53 hm<sup>2</sup> 的仓储用地规模,较传统物流模式压缩约 40% 的空间。划定面积达 15 hm<sup>2</sup> 的物流仓储单元,以大单元、大项目、大平台保障产业需求。物流园内引导大、小件产品仓库分区,综合配置电商孵化、金融结算运营、运营管理及生活性设施。

### 3.3.3 打造人才活力集聚的高品质环境

一是完善“镇园共享”、优质便捷的公共服务设施体系。规划补齐基础公共服务设施缺口,重点增加教育、医疗、文化与体育用地。在镇区原有设施的基础上,形成镇园服务核与邻里中心两级公共服务体系。镇区中心打造镇园共享的黄圃—三角—北部产业园综合服务“双核心”。面向家庭构建生活性服务单元,配置养老、幼托、商业超市等设施,面向青壮年则构建产业邻里单元,配置商业、文娱、健身等设施。

二是营造“城绿相融、活力共享”的休闲开敞空间。依托连通珠江口与西江的区域性生态廊道,串联横石生态核、洪奇沥水系、横门水系以维育生态肌理。统筹布局“500 m 见绿”的城镇公园体系,实现生活区公园服务半径全覆盖、产业组团 60% 区域覆盖,在产业邻里中心营造口袋公园。此外,规划构建紧凑的慢行游径,连接各类滨水空间、公园广场和创新场所,交织成适合游憩交流的活力共享绿网。

## 4 结束语

“机器人”现象的出现绝非偶然,而是在全球第四次工业革命浪潮的推动下,由技术的积累、用工的短缺困境、市场的需求提升等催化的制造业智能升级。

“机器人”不但引发新兴智能行业的兴起和传统产业部门的改造,而且通过引发新业态、新劳动力结构、新生产设施与新生产组织等方面的变革,促使产业空间的功能混合多元、工作环境提升、制造载体

扩大、土地利用变动。基于此,本文提炼中山北部产业园城市设计实践经验,从产业结构升级、智造载体供给、智慧物流引进和宜业环境营造等 4 个方面提出规划响应策略。

值得指出的是,目前“机器人”在制造业的实际应用仍处于探索阶段,受限于各种因素,仍有大量传统工业区的企业较少使用智能自动化设施系统,随着智能制造的普及应用和核心技术的更新迭代,产业空间在未来将发生哪些更远的变化还需要进一步跟踪研究。■

### [参考文献]

- [1] 国家统计局. 工业主要产品产量月度数据 [EB/OL]. [2023-03-16]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=A01>.
- [2] 李郁, 郑莎莉, 秦小珍, 等. [机器人总报告] 珠三角城市化如何应对“机器人” [EB/OL]. (2019-12-17)[2023-04-10]. <https://mp.weixin.qq.com/s/d1fcDTV3GE3qRPOMRfsJNg>.
- [3] MANYIKA J, LUND S, MICHAEL C, et al. Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation[R]. 2017.
- [4] 杨光, 侯钰. 工业机器人的使用、技术升级与经济增长 [J]. 中国工业经济, 2020(10): 138-156.
- [5] 刘胜, 陈秀英. “机器人”能否成为全球价值链攀升新动力? [J]. 经济体制改革, 2019(5): 179-186.
- [6] FAN Haichao, HU Yichuan, TANG Lixin. Labor Costs and the Adoption of Robots in China[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2021(186): 608-631.
- [7] MACRORIE R, MARVIN S, WHILE A. Robotics and Automation in the City: A Research Agenda[J]. Urban Geography, 2021(2): 197-217.
- [8] WHILE A H, MARVIN S, KOVACIC M. Urban Robotic Experimentation: San Francisco, Tokyo and Dubai[J]. Urban Studies, 2020(4): 769-786.
- [9] 黄玫瑜, 秦小珍, 周金苗. “机器人”与城镇新增长模式: 以广东省佛山市顺德区为例 [J]. 热带地理, 2019(1): 11-19.
- [10] 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(3): 58-64, 69.

- [11] 秦小珍, 潘沐哲, 郑莎莉, 等. 内生演化与外部联系: 演化视角下珠江三角洲工业机器人产业的兴起 [J]. 经济地理, 2021(10): 214-223.
- [12] 詹庆明, 唐路嘉. 数字经济背景下城市空间的演变与规划应对 [J]. 规划师, 2021(13): 5-11.
- [13] 孙中伟, 邓韵雪. “世界工厂”的“凤凰涅槃”: 中国制造业“机器换人”的经济社会意义 [J]. 学术论坛, 2020(3): 1-8.
- [14] 尹来盛, 张淑敏. 新型工业化背景下专业镇的转型升级路径研究: 以东莞市大朗镇“机器换人”为例 [J]. 东莞理工学院学报, 2017(4): 1-6.
- [15] 魏成, 陈赛男, 雷宇宏. “机器人”背景下的产业空间需求变化与规划教育响应 [J]. 教育现代化, 2022(23): 176-180.
- [16] 魏成, 陈赛男, 沈静. 人工智能驱动下的城市空间演变趋势与规划响应 [J]. 城市发展研究, 2022(7): 47-54.
- [17] 沈娉, 刘松龄, 廖远涛, 等. 基于“创新圈”的东莞城市创新空间布局模式构建 [J]. 规划师, 2022(3): 95-102.
- [18] 任峰, 郭凯, 李政来, 等. 中德(沈阳)高端装备制造产业园规划 [J]. 规划师, 2020(增刊 1): 47-52.
- [19] 刘洁贞, 曾艺元, 李颖, 等. 粤港澳大湾区中微观创新空间设计: 以佛山三龙湾为例 [J]. 规划师, 2020(3): 65-72.
- [20] 林凯, 邹小勇, 万雨龙, 等. 全球价值链视角下中山市产业集群的多样性升级 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2015.
- [21] 沈静, 魏成. 全球价值链下的顺德家电产业集群升级 [J]. 热带地理, 2009(2): 134-139.
- [22] 李传志, 张兵. 珠三角“用工荒”的思考 [J]. 经济问题, 2015(8): 122-124, 129.
- [23] 董金莲, 晁恒. “工改工”的连片更新模式探索: 中山火炬开发区“工改工”片区策划的实践与思考 [J]. 规划师, 2022(2): 83-89.
- [24] 马向明, 陈洋. 粤港澳大湾区: 新阶段与新挑战 [J]. 热带地理, 2017(6): 762-774.

[收稿日期] 2023-05-10