

# 城市物流最后一公里配送方案的优化

熊佳美, 纪逸佳, 丁逸文, 张逸雯, 陆 焯, 杨若瑄, 韩 澄

上海商学院, 上海

Email: 1758139716@qq.com

收稿日期: 2020年8月14日; 录用日期: 2020年8月28日; 发布日期: 2020年9月4日

## 摘 要

探究物流公司“最后一公里”配送方式的一套优化方案,旨在实现为消费者提供科学高效、便利、具有人性化的配送服务的同时,尽可能地降低其配送服务的成本,达到物流公司、商家、消费者三者共同互惠互利的目标。针对城市物流最后一公里配送方案的优化设想,我们拟将无人配送、智能小区、智能传送系统三大板块相结合,以此希望为客户提供安全精准的配送服务。

## 关键词

无人配送, 智能小区, 物联网, 5G

# Optimization of the Distribution Scheme of the Last Kilometer of Urban Logistics

Jiamei Xiong, Yijia Ji, Yiwen Ding, Yiwen Zhang, Ye Lu, Ruoxuan Yang, Cheng Han

Shanghai Business School, Shanghai

Email: 1758139716@qq.com

Received: Aug. 14<sup>th</sup>, 2020; accepted: Aug. 28<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 4<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

To explore a set of optimization schemes for logistics companies' "last mile" distribution mode, aiming to provide consumers with scientific, efficient, convenient and humanized distribution services, and at the same time, reduce the cost of distribution services as far as possible, so as to achieve the goal of mutual benefit among logistics companies, merchants and consumers. Aiming at the optimization of the distribution scheme of the last kilometer of urban logistics, we plan to combine unmanned distribution, intelligent community and intelligent transmission system to provide customers with safe and accurate distribution services.

## Keywords

Unmanned Delivery, Intelligent Community, The Internet of Things, 5G

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 国内城市最后一公里现状

### 1.1. 配送效率低下

目前物流“最后一公里”配送的路线选择，主要是根据配送员自身对配送地址间距离的主观判断，很少考虑客户对时效性的要求进行派送，由于路线选取不当或其他原因而无法及时完成的订单通常会推迟到第二日进行派件。这样屡见不鲜的配送方式没有做到科学高效的配置资源，影响了客户的服务体验。

社区内的白领较多，客户白天上班，通常无法体验到快递送货上门的服务，社区的派件率往往只有50%~60%。且各快递公司收到的投诉中，80%是来自社区用户，由此发现传统的物流配送方式并不能满足现实所需。

### 1.2. 人工成本高昂

据统计，国内末端配送成本已经占到物流行业总成本的30%以上，大量的社会资源消耗在“最后一公里”。快递员人工成本约占整个配送作业成本的30%，近25%的快递员每天工作时长超过12小时，使得末端配送的人力成本居高不下。随着快递行业的快速增长，企业业务量逐渐增加，人手短缺，快递员业务加重，夜间无人收派的问题普遍存在。

### 1.3. 物流行业正急剧发展

据国家邮政局数据，2018年全国快递业务量累计完成507.1亿件，同比增长26.6%。2019年上半年，全国快递服务企业业务量累计完成277.6亿件，同比增长25.7%。根据2019年国家邮政管理工作总体要求预测，2019年全年邮政业业务总量完成15,000亿元，同比增长22%。其中，快递业务量达600亿件，同比增长20%。快递量大增给传统物流配送带来了巨大压力。物流行业急需使用高新技术解放劳动力，以此改善物流企业在末端配送服务的质量与效率。

科学高效的配送服务才能深得人心。对于城市中的大多数人来说，因为工作及其他不可抗力因素，通常无法体验到住宅投递的服务，因此能带来更好服务体验的无人配送将具有一定的市场前景。

## 2. 已有的配送方式存在的弊端

### 2.1. 智能快递柜

从快递柜的构成来看，一台智能快递柜分为主柜和副柜，其固定设施成本约为3万元，其年均运营维护成本约为5000元，年均交给小区物业的场地费用约为3000元。丰巢开曼在2019年的营收达到16.14亿元，净亏损达到7.81亿元，2020年第一季度预计营收3.34亿元，净亏损2.45亿元，截至2019年年末的净资产为36.49亿元，负债71.51亿元。多年来，智能快递柜成本高、盈利难、市场渗透率较低的情况一直制约着快递柜的发展。

2019年,丰巢快递柜被曝出通过给快递员“打赏”、取件发红包等手段,以鼓励用户尽快取件。这反映出快递柜的运营成本极为高昂,与同质化服务相比缺乏竞争力。2020年4月,丰巢快递柜开始实行超时收费的“会员制”,引发了民众激烈的讨论,甚至被曝出上海有上百家小区抵制丰巢快递柜,快递柜的接纳程度正面临着持续走低的风险。

## 2.2. 传统人工配送

传统人工配送中日益增长的人工成本,使平台方的盈利空间减小,在罗戈研究与联想物流共同发起的《2020年新冠肺炎疫情对物流企业的影响》的调查问卷中,53%的调研者认为,企业在疫情爆发期短期内无法正常运营,其中中小企业延迟到岗现象相对更加严重,而具有一定规模的企业因防疫要求,人员管理成本明显上升。

且其受限于区域路况与天气影响。疫情期间,居家隔离推动人们对物流最后一公里的需求爆发,而人员不足与路段封闭的状况使快递配送的效率大受影响。除此之外,配送员和消费者之间的纠纷也屡见不鲜,消费者甚至因此受到了人身伤害,这给公司带来了一定程度上的不利影响。

## 3. 城市物流最后一公里创新配送方案介绍

针对城市物流最后一公里配送方案的优化设想,我们拟将无人配送、智能小区、智能传送系统三大板块相结合,以此希望为客户提供安全精准的配送服务,本方案流程图详见图1。

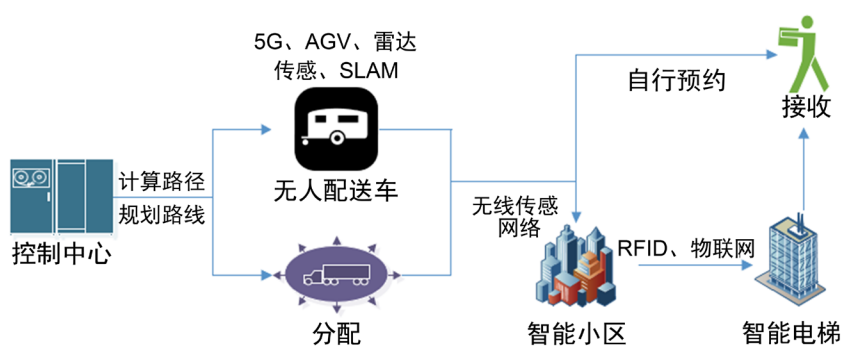


Figure 1. Scheme flow chart  
图1. 方案流程图

### 3.1. 基本运行流程介绍

在物品配送前,控制中心首先利用GPS针对客户的定位,计算出配送路径,接着派出无人配送车精准配送至硬件设施构建完善的智能小区,通过每栋高层楼装有与无人配送机器人云端互联的智能电梯,将快递送至消费者家中,无人配送机器人身上所携带的芯片还具备AI技术支持用户进行刷脸支付,此项服务可进行预约,可实现随时随地寄取快递。

### 3.2. 基础设施介绍

无人配送车以德邦小D为例。2018年6月企业德邦总部园区推出无人送货车“德邦小D”,德邦小D共34个格口(16小18大),可24小时提供寄/派服务,提供快递预约操作,可实时查看无人车位置,支持验证码、二维码、人脸识别多种方式存取包裹。“德邦小D”升级版在广东财经大学投入使用后,日均派件量可达83票,效率可提升38.33%。小D Plus充满电后行驶距离可达100千米。而且,德邦小D Plus还具有L4级自动驾驶能力,能实现多层障碍物跟踪与轨迹预测,做到360°全方位安全监控。通过24小

时无人收派，用户取寄件零等待的模式，从而提升收派效率与用户满意度，节省了用户以及快递员的大量时间和快递运输派送成本。

其路线设定一是固定线路运行：当没有用户选择提货点时，无人车沿着固定线路运行，用户可实时查看无人车的实时轨迹并自行前往提货点取、寄件；二是用户自选提货点线路：当用户预约了提货点与提货时间后，无人车在预约时间到达提货点并通知用户取件。

据有关资料了解到，德邦快递无人小车目前只投放在人口较少的区域以及校园这种有固定的模式内。据调查，市面上的无人配送车绝大部分都只能完成从仓库至配送点的任务，巨头公司无人配送体系一览表详见表 1。

**Table 1.** List of logistics magnate's unmanned distribution systems

**表 1.** 巨头公司无人配送体系一览表

企业	配送需求	运营状况	产品	研发团队	合作方
京东	快递	京东无人车项目自 2016 年下半年开始投入研发，并于 2016 年 9 月 1 日正式发布； 2016 年双 11 期间，完成无人车配送首单试运营；2017 年京东无人车投入日常配送运营；在 2019 年下半年开始，在通州的物资学院及房山等地进行了人车混行的开放道路的完全 L4 级别测试。	智能配送车、服务机器人	京东 X 事业部	行深智能
美团	限时配送	2016 年美团开始研发无人配送物流车； 2018 年 7 月 25 日，美团发布无人配送开放平台； 2018 年 9 月美团无人配送车在雄安新区投入试运营； 同年，无人配送开放平台发布； 2019 年美团无人车“小袋”成功通过服务型电动自动行驶轮式车测试。	美团“小袋”、 美团“福袋”、 美图“魔袋”	美团无人配送开放平台	华为、联通
苏宁物流	快递	2018 年 5 月，苏宁物流无人重卡“行龙一号”在上海、盐城高速场景测试成功； 2018 年，苏宁物流无人车“卧龙一号”在北京、南京、成都实现落地试运营。 用户在社区附近的苏宁小店下单，“卧龙一号”可进行无人配送。	无人重卡“行龙一号”、 无人车“卧龙一号”	苏宁 S 实验室	百度
菜鸟物流	快递	2016 年 9 月，菜鸟网络发布“小 G”配送机器人； 2017 年菜鸟发布“小 G2 代”； 2018 年菜鸟研发的无人车“小 Gplus”进行了路测； 在菜鸟网络主办的 2018 全球智慧物流峰会上，菜鸟宣布同打造名为“驼峰”的无人物流计划。	无人车菜鸟小 Gplus、 无人车菜鸟小 G2 代、无人车菜鸟小 G	菜鸟物流 ET 实验室	华为、移动
中通快递	快递	2018 年中通快递第一代油电混合末端配送物流无人机亮相； 2019 年中通快递获得“德清智能网联汽车开放道路运输经营许可证”。	无人车	中通快递	AutoX、牧月科技
德邦快递	快递	2018 年德邦在宁波推出德邦小 D 快递无人车服务； 同年，无人驾驶货车德邦快递麒麟号正式上路运营； 2019 年德邦 L4 级无人驾驶货车亮相浙江。	无人车“德邦小 D”	德邦快递	飞步科技
饿了么	即时配送	2017 年饿了么未来物流团队打造的中国首个智能外卖机器人“万小饿”首次出现在上海虹桥万科中心； 2018 年 5 月 29 日，饿了么在上海宣布获准开辟中国第一批无人机及时配送航线，将送餐无人机正式投入商业运营。	无人机	饿了么未来物流团队	-

如果要将其投放在写字楼及高层住宅区，就可以用到智能小区中应用的物联网技术，实现无人配送车进出自由。

智能小区通过物联网建立多层体系结构，无线传感网络技术在使用，有效的将物理信号与传输网络连接在了一起，检测对象可被实时的检测与感知，那么业主就可对无人机配送的包裹实现远程的监控。通过 RFID 的使用确保了智能小区的安防控制，识别进入小区车辆的情况，维护小区的治安与业主的财务安全，同时为无人机配送时扫除了障碍[1]。

为无人配送车打造智能传送系统，进驻居民小区楼层，实现机器人送货上门的物流服务，将会是解决物流最后一百米难题的契机。在这种设想下，汇川工业云公司将理论付诸于实践。其团队于电梯中覆盖物联网，为的是使无人配送车内部的无线通信系统与电梯实现云端互联。而这种信息交互的模式，使得拥有物联网覆盖的电梯能更好地接收无人配送车所发送的乘梯和开关门请求、客户所在楼层定位等，从而引导无人车高效乘梯，提升了电梯资源的利用率。更为重要的是，电梯与无人车之间所发生的交互信息与通讯记录都被安装了银行级加密芯片和 SSL 加密，并为每次交互设置了安全密钥和验证，多重保障无人车乘梯安全与梯控系统的正常运行，不受外界所扰。若将这种智能梯控系统与无人车相结合的配送新模式运用在我们的生活之中，将会改变物流最后一百里的困窘局面。

### 3.3. 市场前景

#### 3.3.1. 无人配送接受度可观

在疫情的影响下，大多数服务形式都被要求为无接触，这不仅培养了用户接受无人配送的习惯，还解决了在疫情期间快递订单量大的情况下，人手短缺的问题。人口老龄化造成的劳动力短缺以及人工效率低下都是 B 端的刚需和痛点，况且快递员增速低于快递订单增速都推动了无人配送的落地，2013~2019 年中国劳动年龄人口数量变化趋势详见图 2。

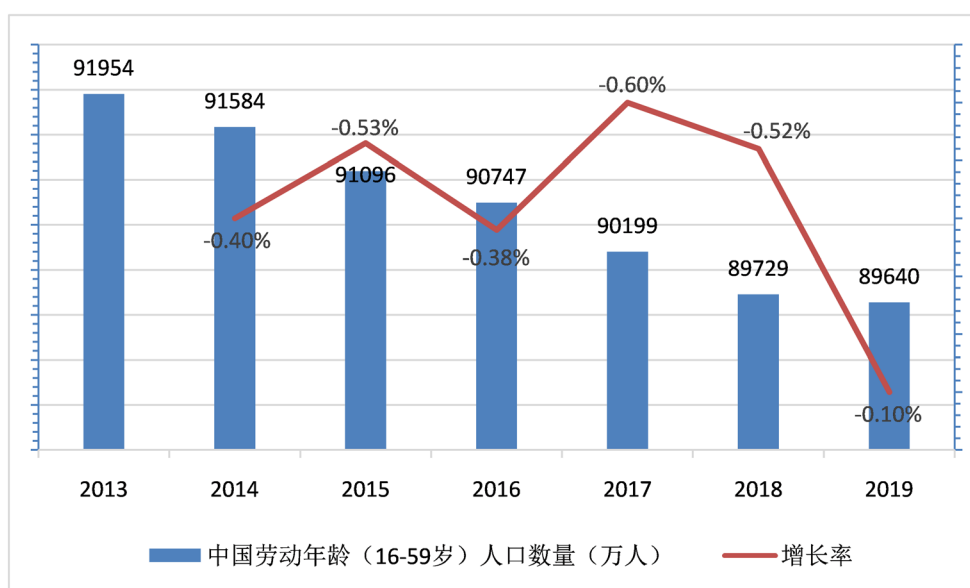
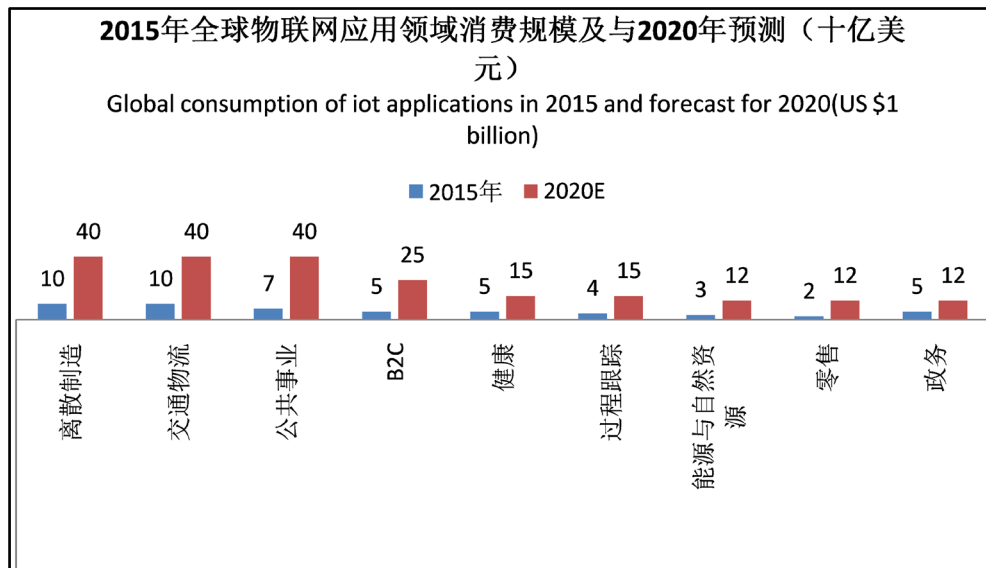


Figure 2. The changing trend of China's working age population in 2013-2019 (photo source: Che Bai think tank)  
图 2. 2013~2019 年中国劳动年龄人口数量变化趋势(图源车百智库)

#### 3.3.2. 基础设施应用率呈增长趋势

据前瞻产业研究院发布的《2018~2023 年中国物联网行业应用领域市场需求与投资预测分析报告》显示，物联网在智慧城市的项目占比最大，2015 年全球物联网应用领域消费规模及与 2020 年预测(十亿美元)详见图 3。



**Figure 3.** Global consumption of IoT applications in 2015 and forecast for 2020 (US \$1 billion) (photo source: prospective industry research institute)

**图 3.** 2015 年全球物联网应用领域消费规模及与 2020 年预测(十亿美元) (图源前瞻产业研究院)

而交通物流是最大的细分部门，由此可以得出，本方案中的智能小区以及智能电梯的应用率将逐步攀高，行业的欣欣向荣是本方案的坚实基础。

## 4. 本创新方案的特点

### 4.1. 呈现成本持续走低的态势

#### 4.1.1. 平衡了人工成本

京东无人车最多一次能搭载 100 公斤货物。最新一台第三代小型无人车可放置 5 件快件，承重 100 公斤，充电一次走 20 公里，一小时内完成 18 个包裹的配送。相比传统快递员送货，作为配送运力补充的无人配送车，至少提高 30%的效率。这意味着，一台配送小车可分担快递员 30%的订单量[2]。

YOGO Station 配送站由工作站+配送机器人组成，其提出的系统性的终端配送方案，通过云端、智能存储分拣柜、配送机器人和 IOT 设备的联合运作，完成了楼宇内智能递送的升级。一台机器人的成本大约等于一个快递员一年的工资。

快递小哥平均每单配送成本=平均月工资/(每月工作天数×每天配送趟数×每趟配送单量)，无人车平均每单配送成本=平均月收费/(每月工作天数×每天配送趟数×每趟配送单量)。假设一个快递员月工资 5000~12,000 元，则年工资 6 万~14.4 万元，取平均数则为 10 万元左右。即，同等工作效率下，机器人年费用不高于 10 万元则可有商业落地机会。

#### 4.1.2. 技术革新带来的成本红利

雷达技术被广泛应用于物流机器人的定位、避障和导航等。目前雷达技术多为激光雷达，其行驶路径可灵活多变，能够适合多种现场环境，但缺点是此项技术成本太高。针对降低成本的需求，视觉雷达这一创新技术正在实现中。视觉雷达有单目摄像头和双目摄像头两种形态，可以实现物流机器人正前方 6~10 米，高度 1 米左右，开口 130°角范围的监控，且其非可见光属性可以使机器人在晚上运行而不受影响。

行业内开始出现 SLAM 算法芯片化。SLAM 技术是指在在不具备周围环境先验信息的前提下，让 AGV 在运动过程中根据自身携带的传感器和对周围环境的感知进行自身定位，同时增量式构建环境地图。

通过 SLAM 技术,可以提高 AGV 的自主能力和环境适应能力,使 AGV 可以在未知的环境中进行自主定位和导航。物流机器人公司今后只需购买成熟的 SLAM 算法芯片即可,成本会大幅降低,有望在行业内普及性推广[3]。

## 4.2. 方案的可行性

### 4.2.1. 政策支持

2018 年 5 月 1 日起,工信部、公安部、交通部三部委印发的《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》正式施行,标志着无人驾驶有了国家的政策许可与统一管理。中国已在 2019 年正式进入 5G 商用元年,5G 的应用推广对 AGV (Automated Guided Vehicle)的行业架构带来了改变,5G 技术为解决大容量、低延迟、高可靠无线通讯提供了可实现的解决方案。

### 4.2.2. 5G 技术的支持

随着 5G 时代的到来,通讯系统改革将发生重大突破,漫游切换可靠性差、接入受限、小车停驶等传统 WiFi 的方案存在的问题有望得到一次性解决;大容量、低延迟、高可靠无线通讯在 5G 技术的支持下也得到了完美解决。在 4G 时代,10 米左右被认为是高速行驶车辆编队的安全车距,全系统的时延是数百毫秒,而在 5G 时代,系统时延可以降低至 20 毫秒左右,这样只需要保持 0.6 米的车距,从而使大规模集中式调度 AGV 有了坚实的基础,令低成本分布式控制 AGV 系统的可行性大大提升,其单机成本将大幅度下降,同时也为多机协同 AGV 小车提供了一种简单可行且成本低的解决方案[4]。

## 4.3. 方案优势及劣势

### 4.3.1. 优势

#### (1) 多元场景化的应用

写字楼大多采用“一刀切”的门禁管理办法,这无疑给配送员带来很多不便。据智联招聘和腾讯联合发布的《2017 年中国白领满意度调查报告》显示,在每周工作 40 小时的基础上,仍有高达 85%的白领选择加班。这些加班白领的快递配送成了问题:严格的门禁制度虽然保证了公司安全性,但却使得“最后 100 米”配送效率变得十分低下。针对此类情况,本方案提供了解决方法:将无人配送车投入使用。通过物联网技术与 RFID 的使用,在确保智写字楼安防控制的同时,为无人配送清除障碍,实现无人送货进出自由,从而提高快递收派效率与用户满意度,节省了用户以及快递员的大量时间。

#### (2) 提高了物流“最后一公里”的效率

疫情期间,社区快递的投放几乎都是在小区门口完成。取件处不仅人口密集,而且错拿快件、快递丢失的状况常常发生。客户常常反映因时间问题错失快递员投递机会。应用本方案可以轻松预约上门送件时间,省去了下楼去快递柜取件的麻烦。这一切在智慧物流决策下的运输计划与运输调度将全面无障碍得以执行。无人车能让 500 万快递小哥在无人车构成的服务网格赋能下,发挥出 3000 万配送运力的效应。

### 4.3.2. 劣势

#### (1) 缺乏基础设施的支持

方案中的送货上门服务需要客户的小区为智能小区,需具有物联网、无线传感、RFID 等技术,并需配备智能电梯。且无人配送车的维护人才在其落地初期也较为匮乏。

但随着基础设施核心技术的突破,使研发门槛持续降低、产品供应链趋于完善;末端无人配送的市场规模进一步扩大,企业间的良性竞争等环境将推动行业的发展。被取代的廉价劳动力在未来可以培养成产品的运维人才,这样既稳定了就业率也为无人配送服务提供了后勤保障。

## (2) 研发成本及前期应用成本较高

各公司预期无人配送车量产价格为 15 万元，若其使用寿命为 3 年，每年 15% 的运维费用，每月综合成本 6042 元，略低于快递员平均薪酬 6281 元/月。在加上前期的落地成本，物流企业在前期可能入不敷出。

但随着无人配送车、智能电梯的量产以及智能小区的广泛应用；在未来，劳动力短缺以及技术革新带来的成本红利将会刷新无人配送的接受度，只要市场规模足够庞大、和客户需求足够对口，其成本一定会持续走低。

针对此方案，团队会通过积极参加交流展会，展现优点，寻找合伙人或投资人以及无人配送巨头公司寻求合作来进行项目的完善及推广。

## 5. 结语

在物流业高速增长之际，如何节约人力物力、提高配送效率成为了未来物流发展的主要方向，而在人工智能技术支撑下的无人配送模式则是提高配送效率最有效的方法。本文以此为基点，提出了以无人配送、智能小区、智能传送系统三大板块相结合的一种应用于城市中的物流“最后一公里”配送方案，为末端配送体系未来的发展提出了对策建议。

## 参考文献

- [1] 罗毅. 基于物联网技术的智能小区安防系统的设计与实现[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(36): 51.
- [2] 史亚娟. 机器人送货?揭秘京东物流如何“智慧”…… [J]. 中外管理, 2018(3): 104-107.
- [3] 任芳. 新的市场需求促进物流机器人技术创新[J]. 物流技术与应用, 2019, 24(9): 92-94.
- [4] 张颖川. 我国物流机器人发展概况及未来机遇[J]. 物流技术与应用, 2019, 24(9): 88-91.