

## 摘 要

目前大型家电产品交付困难的原因因为产品的易损、非标等特点导致的。大型家电商品作业流程繁琐，不仅需要送货上门，且需要上门安装服务，还因为家电产品的类型众多很难统一运作。家电购买的顾客属于 C 端客户，地理位置较为分散服务困难，易造成消费者的不满，其中配送与安装之间的不协调原因成为了消费者购买家电主要投诉的重灾区，基于以上问题，如何合理有效的组织家电物流配送与安装作业至关重要。

基于上述背景，本文主要研究内容为 GS 公司家电物流共同配送路径优化问题和基于 GS 公司配送时间的安装路径问题，本文的安装路径是指安装师傅的安装顺序，使配送与安装在服务时间顺序上协同配合。研究的目的在于降低 GS 公司的配送成本，增加公司的利润，向公司所负责的家电商家提供增值服务，提高客户的满意度。其研究过程为，首先通过阅读大量的参考文献，确定其选题的研究方向，分析所研究问题的意义以及目前国内外此类问题的相关文献；其次选取一个有相关业务的公司，对该公司的家电物流进行调查分析，根据实际的调查情况，分析总结出目前 GS 公司在家电物流过程中存在的问题；最后根据 GS 公司存在的问题，先针对目前 GS 公司简单的一对一的配送模式上提出了共同配送路径优化，然后在 GS 公司仅根据经验通知商家上门安装顺序的基础上，提出了基于 GS 公司配送时间的安装路径优化，结合公司实际情况，论文做出如下研究：

（1）通过文献查询、实地调查、访问等方法，搜集并整理了 GS 公司的相关信息，对 GS 公司的家电配装流程进行了分析，发现该公司目前还面临着运输成本较高，配送路线不合理、配送与安装协同性差等问题。

（2）在充分考虑各类型车辆装载面积等限制的前提下，将多个商户的商品共同配送，构建了以固定费用、变动费用之和最小的 GS 公司的家电配送路径优化目标模型。运用蚁群算法，对 GS 公司的共同配送路径优化模型求解，并将求解后的结果与公司的原有配送方案进行比较，发现总的配送费用下降了 23.31%，则表明该方法在 GS 公司的配送方案中取得了明显的效果，从而使公司的物流配送费用得到了有效的降低。

(3) GS 公司根据家电的配送路线规划, 预测配送到货时间, 基于此时间考虑每个安装师傅一辆安装车辆, 建立以缩短配送到货与上门安装间隔时间最短的优化目标模型。用蚁群算法对模型进行求解, 为商家提供安装路径规划。

**关键词:** 家电物流; 配送路径; 安装路径; 蚁群算法

## Abstract

At present, the difficulty in delivery of large household appliances is caused by the vulnerability and non-standard characteristics of the products. The operation process of large household appliances is complicated, which requires not only door-to-door delivery, but also door-to-door installation services. Because of the numerous types of household appliances, it is difficult to operate uniformly; The consumers who buy home appliances belong to C-end customers and are geographically dispersed; The disharmony between distribution and installation has become the major complaint area for consumers to purchase home appliances. Based on the above problems, it is very important to organize the logistics distribution and installation of home appliances reasonably and effectively.

Based on the above background, the main content of this paper is the optimization of the common distribution path of GS company's home appliance logistics and the installation path problem based on the distribution time of GS company. The installation path of this paper refers to the installation order of the installation master, so that the distribution and installation work together in the service time sequence. The purpose of the study is to reduce the distribution cost of GS, increase the company's profits, provide value-added services for the household appliance businesses responsible by the company, and improve customer satisfaction. The research process is as follows: first, through reading a large number of references, determine the research direction of the topic, analyze the significance of the research issues and the current domestic and foreign related literature on such issues; Secondly, select a company with relevant business to investigate and analyze the company's home appliance logistics. According to the actual investigation, summarize the existing problems of GS company in the home appliance logistics process through analysis; Finally, according to the existing problems of GS company, we first proposed the common distribution path optimization based on the simple one-to-one distribution model of GS company at present, and then put forward the installation

path optimization based on the distribution time of GS company on the basis that GS company only informed the merchants of the door-to-door installation sequence based on experience. Combined with the actual situation of GS company, the paper made the following research:

(1) Through literature inquiry, field investigation, interview and other methods, the relevant information of GS Company was collected and sorted out, and the process of home appliance assembly of GS Company was analyzed. It was found that the company was still facing problems such as high transportation costs, unreasonable distribution routes, and poor coordination between distribution and installation.

(2) Under the premise of fully considering the space, loading area and other restrictions of various types of vehicles, the goods of multiple merchants are distributed together, and the goal model of GS company's home appliance distribution path optimization with fixed and variable costs of distribution as the total cost is constructed. Ant colony algorithm is used to solve the common distribution path optimization model of GS company, and the result is compared with the original distribution plan of GS company. It is found that the total distribution cost has decreased by 23.31%, which shows that the method has achieved obvious results in the distribution plan of GS company, thus effectively reducing the logistics distribution cost of GS company.

(3) GS company predicts the delivery arrival time according to the distribution route planning of household appliances. Based on this time, it considers each installation master to install a vehicle, and establishes an optimization target model to shorten the interval between delivery arrival and door-to-door installation. Ant colony algorithm is used to solve the model and provide installation path planning for businesses.

**Key words:**household appliance logistics; Distribution route; Installation path; Ant colony

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....                 | 1  |
| 1.1 研究背景与意义 .....              | 1  |
| 1.1.1 研究背景 .....               | 1  |
| 1.1.2 研究意义 .....               | 2  |
| 1.2 国内外研究综述 .....              | 3  |
| 1.2.1 家电物流 .....               | 3  |
| 1.2.2 共同配送 .....               | 5  |
| 1.2.3 车辆路径优化问题 .....           | 6  |
| 1.2.4 车辆路径优化算法 .....           | 8  |
| 1.2.5 文献评述 .....               | 9  |
| 1.3 研究内容和方法 .....              | 9  |
| 1.3.1 研究内容 .....               | 9  |
| 1.3.2 研究方法 .....               | 10 |
| 1.4 技术路线 .....                 | 10 |
| 第 2 章 GS 公司家电配装服务现状 .....      | 12 |
| 2.1 GS 公司概况 .....              | 12 |
| 2.1.1 GS 公司的基本情况 .....         | 12 |
| 2.1.2 GS 公司主营业务 .....          | 13 |
| 2.2 GS 公司家电配装现状分析 .....        | 15 |
| 2.2.1 配装特点 .....               | 15 |
| 2.2.2 配装流程 .....               | 16 |
| 2.3 GS 公司家电配装有关数据 .....        | 17 |
| 2.3.1 商家信息 .....               | 17 |
| 2.3.2 家电商品信息 .....             | 18 |
| 2.3.3 车辆信息 .....               | 19 |
| 2.4 GS 公司家电送装存在的问题 .....       | 19 |
| 2.5 本章小结 .....                 | 20 |
| 第 3 章 GS 公司家电共同配送路径优化 .....    | 21 |
| 3.1 共同配送模式 .....               | 21 |
| 3.2 大家电共同配送车辆路径问题描述 .....      | 22 |
| 3.3 GS 公司大家电共同配送路径数学模型建立 ..... | 23 |
| 3.3.1 建模思路 .....               | 23 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 3.3.2 模型假设                       | 24        |
| 3.3.3 模型建立                       | 25        |
| 3.3.4 蚁群算法设计                     | 28        |
| 3.4 GS 公司家电配送路径优化求解              | 33        |
| 3.4.1 数据处理及参数设置                  | 33        |
| 3.4.2 求解结果                       | 37        |
| 3.5 本章小结                         | 42        |
| <b>第 4 章 基于 GS 公司配送时间的安装路径优化</b> | <b>43</b> |
| 4.1 家电装送分离模式                     | 43        |
| 4.2 基于配送时间的安装路径问题描述              | 45        |
| 4.3 基于配送时间的安装路径数学模型建立            | 45        |
| 4.3.1 建模思路                       | 45        |
| 4.3.2 模型假设                       | 45        |
| 4.3.3 变量说明                       | 46        |
| 4.3.4 模型建立                       | 48        |
| 4.3.5 蚁群算法设计                     | 47        |
| 4.4 基于配送时间的安装路径优化求解              | 50        |
| 4.4.1 数据处理及参数设置                  | 51        |
| 4.4.2 求解结果                       | 52        |
| 4.4.3 结果分析                       | 54        |
| 4.5 本章小结                         | 54        |
| <b>第 5 章总结和展望</b>                | <b>55</b> |
| 5.1 总结                           | 55        |
| 5.2 展望                           | 55        |
| 参考文献                             | 57        |
| 附录 A 配送部分程序代码                    | 62        |
| 附录 B 安装部分程序代码                    | 66        |
| 附录 C 配送信息                        | 70        |
| 附录 D 安装信息                        | 76        |
| 致 谢                              | 82        |

## 第 1 章 绪论

### 1.1 研究背景与意义

#### 1.1.1 研究背景

目前我国正处于高速发展阶段，无论是经济还是科技都得到了快速发展，在经济快速发展的同时人民对生活品质有了更高层次的要求，在居住环境上人们对于居住已不在是仅满足基本居住条件，更多是追求舒适度，其中家电就是满足舒适环境的条件之一。2022 年家电行业国内累计销售 7307.2 亿，在这些家电商品中，网上销售的家电商品达到了 4226.6 亿元，比去年增加了 4.24%；线下门店的家电商品零售额为 3080.6 亿元，相比较去年而言降低了 6.2%。线上销售在整个和家电市场中所占的比例，从去年的 51.6%，上升到 57.8%。这是线上零售额年度超过了 50%，与线下实体店的零售渠道的销售量持平。依据国家统计局发布的一份报告显示，家用电器排在第五位，排在汽车，粮油食品，服装，石油和产品之后。

从零售额来看，2022 年空调的销售额为 1638 亿元，冰箱的销售额为 1024 亿元，洗衣机及彩电的销售额分别为 701 和 1218 亿元，属于市场规模较大的消费品行业。

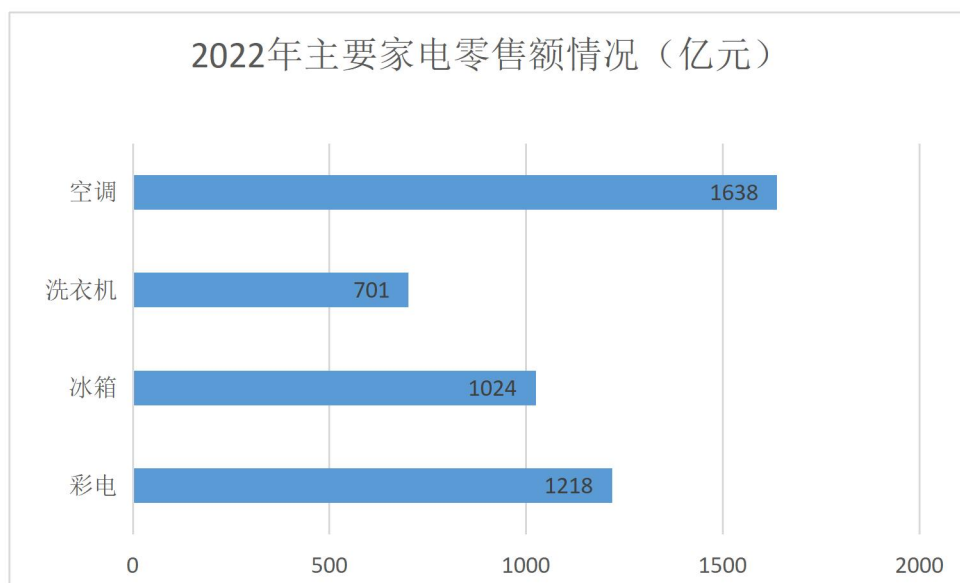


图 1-1 中国主要家电销量数量

通过调查发现，在 2019 年，家电行业的发展遇到了平台期，国内市场的零售额为 8032 亿元，与去年同期相比，同比增长-2.2%，2020 年，由于疫情的原因，在上

半年，国内市场的零售额为 3365.2 亿元，同比增长率为-18.4<sup>[1]</sup>。也不仅仅只有疫情的影响，家电企业利润减少的原因还有市场的饱和以及原材料的涨价，随着家电产品在国内市场销售量的降低和原材料的涨价，如何促进销售和寻找新的利润点迫在眉睫。

物流一直都是国家非常重视的行业，在国民经济发展过程起着十分重要的促进作用，中国在 2021 年的社会物流业成本为 16.7 万亿元，其中交通成本为 9.0 万亿元，同比增幅为 15.8%，在社会物流业成本中所占比重为 53.9%；托运费为 5.6 万亿元，增幅为 8.8%，占全社会物流成本的 33.5%；管理费用为 2.2 万亿元，增加了 9.2%，在整个社会物流成本中所占比例为 13.2%<sup>[2]</sup>。家电物流在整个家电行业扮演着重要的角色，目前家电物流，一般情况委托给专业的第三方家电物流公司进行配装服务，但服务过程中由于缺少专业指导，导致配送成本高，配装不及时，进而使客户体验较差，因此家电的配送与安装的不协同经常成为消费者投诉的主要原因，对家电产业的健康发展造成了严重的影响，因此合理的配送与安装不仅可以降低物流成本而且可以提高消费者满意度，促进销售提高家电企业利润，这也是家电物流企业提升效益，提升企业硬实力的一项重大措施。

本文以 GS 公司为研究背景，对该公司家电配装现状进行了解分析，并提出目前该公司家电物流所面临的问题，建立了共同配送路径优化和基于配送时间的安装路径优化模型。综合考虑配送成本最低和提高客户满意度，构建了数学模型，并使用该公司真实数据进行验证，最后采用蚁群算法求解。

### 1.1.2 研究意义

本文通过分析家电物流配装现状，展开对 GS 公司家电配装路径研究，旨在解决当前家电物流存在的配装不及时、配送成本高等问题，提出家电共同配送和基于配送时间的安装路径规划，主要有以下两个方面的意义：

#### （1）理论意义

现在关于家电配送的研究以小型家电的车辆的路径优化、配送模式和车辆的调度为主，随着互联网的发展,家电的线上购买量增加,使得配送难度增加，而对于大家电来说，不仅仅需要配送服务，还需要安装和维修等专业服务，这是小型家电不具备的特点，正基于此,本文构建共同配送路径优化模型和基于配送时间的安装路径规划模型并求解。通过本文的研究，可以对车辆调度问题的相关理论进行一定的完善，并将其在城市配送和安装等场景中的应用进行扩展，为深入的理论研究提供参考。

#### （2）实际应用价值

①优化物流配送的整体流程，减少物流配送的成本，提高企业效益。

当前，家电行业的物流业务很大部分承包给第三方物流企业，由第三方物流公司为消费者配送。通过对本文的研究，针对目前 GS 公司存在的问题，提出了不同商家客户的订单共同处理进行共同配送路径优化，从而降低了 GS 公司成本，增加企业利润。

②提高消费者的体验感，增加服务质量，提高公司的业务能力。

当前，大型家电所使用的配装服务有两种方式，一种是配装分离，另一种是配装一体的服务方式。配装一体的服务方式操作起来很容易，而且顾客的服务体验也很好，但是它的成本比较高；如果使用配装分离的服务方式，一方面可以由配送公司对其进行统一配送，这样可以提升其订单密度，从而提升其整体服务水平，另一方面，还可以利用将安装工程师网格化管理的方法，在配送计划中，还可以同时将任务分配给安装师傅，来保证专业性的服务。随着订单规模逐渐增加，配送与安装分离的模式较一体化的模式低成本的优势越来越明显，因此这是未来主要采用的服务方式。当面临订单数量不断增加，配装场景复杂、多变的情况中，实施管理难度大，配装一体化仍然处于筹划阶段，并未在市场上广泛推行，当前，可以采用逐渐提升配装分离服务水平的方法，来达到最大程度上接近配装同时的效果，力争将顾客的体验与配装一体达到同一水平，因此可以从配装一体化成本高、配送与安装分离不能有效地协调这一角度去解决这一问题。而对于配装同时服务方式，由于目前的订单规模很小，配装情况很复杂，且变化很大，所以它的管理和调度都比较困难。

从现在的状况来看，GS 公司还是以仓储、配送等功能型物流为主，GS 公司应当打破这个思维定势。提高物流服务的附加价值，以提高消费者的满意度，给商家提供更合理的安装路线规划，提出了基于配送时间的安装路径优化，缩短消费者配送和安装服务的间隔时间，提高客户的满意度，并且使得 GS 公司拥有一套关于家电不同商家的订单共同处理配送和给出客户基于配送时间的安装路径优化的商业模式，提高了企业的核心竞争力，从而可以使 GS 公司的业务得到扩展。

由此可见，建立一个优质、高效的家电物流配送网络体系，不仅可以满足客户的需求，同时降低了企业成本。因此，对进入家电行业的物流企业具有重要的现实意义。

## 1.2 国内外研究综述

### 1.2.1 家电物流

目前国内的家电生产企业大多数都对物流这个环节未给予足够的关注,家电产品的物流配送成本在其整个物流中往往所占的比例比较大。而现在电子商务已逐步向家电行业进军,对于已相对完善的信息流、资金流的处理方案来说,家电物流是影响家电行业线上发展的关键,是需要突破的转折点,原因在于而对于大家电来说,不仅仅需要配送服务,还需要安装和维修等专业服务。

随着电子商务向家电行业的进军,对家电物流的配送提出了更严格的服务要求,物流在家电行业的模式通常情况下分为:联营模式、第三方模式和自营模式,对于提高公司的竞争力,增加公司利润而言,如何选择正确且符合自身发展的物流模式变得尤为重要。沈绪明以曲美家具公司为例,提出了家具企业最重要的问题,就是要对其内部的供应链进行优化,也就是要先构建起一个全国性的物流配送体系,然后将以现有的配送模式为基础,再通过外包、共同配送模式,对整个家具物流配送系统进行优化<sup>[3]</sup>。赵艳丰研究了家电企业在匹配符合本企业发展现状的物流配送模式时,应该全方面考虑现下企业的配送特点、物流成本以及企业的生产状况等特点<sup>[4]</sup>。我国幅员辽阔,存在有些地区偏远,造成的运输距离过长业务量小的特征,基于此现状,为了提高客户对配送时效的满意度,家电企业通常采用配送外包的模式,将物流服务承包给当地具有家电配送能力的专业的第三方物流公司,在满足服务承诺的同时减少物流成本。

在家电配送的模型构建以及实际应用方面,吴红丽研究了家电行业的物流配送的路径问题,考虑加入时间限制的 VRP 模型,通过混合遗传算法建模进行求解<sup>[5]</sup>。庞燕,罗华丽等人根据家具的消费者分布广而散的特点,提出了开放式配送车辆路径问题,以配送总成本最低为目标构建了模型,采用禁忌搜索法求解<sup>[6]</sup>。目前双渠道的销售模式已成为大势所趋,针对双渠道配送的研究开始增加,高辉对双渠道进行了描述,将线下门店作为需求方同时也可作为线上下单消费者的供应方,有效的降低了门店的库存,同时也解决了一般情况下配送中心距离消费者较远,造成的资源浪费,最后,采用了遗传算法对线上线下的双渠道的配送路径进行优化,求出最优得物流网络配送路线,使得企业得利润最大化<sup>[7]</sup>。秦小辉以家电回收为研究背景设计了物流网络,并对物流网络采用遗传算法进行优化<sup>[8]</sup>。石磊描述了废旧家电物流的回收模式,构建了不同的利润函数模型<sup>[9]</sup>。何莹莹以家电为背景研究了同取同送的 VRP 配送路径优化问题,考虑了在配送过程中车型不同,车速变化,以总成本最低为目标,使用混合粒子群算法建模并利用 Matlab 进行求解<sup>[10]</sup>。

家电配装的模型构建以及实际应用方面,针对家电配送的时效性周宏伟根据家具的配送时间和安装时间构建时间窗,建立了考虑时间窗和服务顺序的家具配送路径优化问题,构建数学模型,通过遗传算法和粒子群算法优化求解<sup>[11]</sup>。李文莉等人基于家电装配一体化为背景,以路程最短为目标,建立了带有时间窗的家电配送路径优化的模型,并进行求解<sup>[12]</sup>。Sun 和 Bae,Moon 研究了家电物流配送的车辆和安装车辆分别服务的带时间窗的配送路径优化问题<sup>[13][14]</sup>。

根据以上家电物流的相关研究文献可知,当前大多数研究集中在家电物流的运作模式、物流的配送模式、物流网络系统的构建以及物流模式的选择等方面,其目的为降低家电企业或第三方物流公司的物流成本,从而提高经济效益,但由于家电线上业务的拓展以及消费升级,消费者对服务便捷、高效的需求要求逐渐增加,并且作为顾客直接接触的配送与安装问题,一直以来是阻止各大家电企业发展的一大障碍,怎样在降低物流配送成本的同时,还能对客户的需求做出积极的反应,从而提升客户的体验感,对配送和安装进行合理的组织,这是本文重点研究的问题。

### 1.2.2 共同配送

共同配送的物流配送模式是在共享资源经济下的一种模式,具有明显的优点以及应用范围广泛,随着物流行业的兴起。近几年,国内外学者对共同配送理论进行了深入的研究,并提出了不同的共同配送模式。由于冷链物流的特殊性,近几年受到了高度的关注,曹宝亚在新零售模式的背景下,以冷链物流为目标,提出了一种新的共同配送模式,并利用数学建模的方法,建立了一个系统的模型<sup>[15]</sup>。刘怡君通过分析发达国家共同配送的模式及其相关政策,总结出来有利于我国城市物流发展的共同配送模式,并给出了一定的建议性<sup>[16]</sup>。吴国庆改进了传统的共同配送模式,在原有的配送模式增加了联合效益,并且给出实施策略<sup>[17]</sup>。李杭泼根据生鲜产品保质期短、易腐烂的特点,提出了共同配送模式的优点,不易保存的特点,在选择配送模式时,分析共同配送模式的优点,采用了该模式,并且根据共同配送不同商家的获利,制定了相应的配送成本分摊,最后构建相应的模型进行验证<sup>[18]</sup>。王笛等人根据当前国内电商在生鲜配送上遇到的阻碍,提出三种不同共同配送模式,为增加企业的利润及提高消费者的满意度<sup>[19]</sup>。赵菊红等人通过了解城市物流的特点,经研究分析得出相应一套合适的共同配送方案,接着对配送中心的选址问题进行了研究,给出了共同配送模型建立的实质性意见<sup>[20]</sup>。

关于共同模式的建模与实践,李珍萍,赵雨薇等人根据城市物流有多个配送中心、多车型等特点,研究了多配送中心两层级的共同配送选址及路径优化,以配送成本最低为目标,构建数学模型,采用自适应大邻域搜索法求解<sup>[21]</sup>。崔莹研究了生鲜食品零售模式下的共同配送模式,首先研究了多配送中心共享车辆的路径优化,然后采用混合遗传算法对够贱的进行了求解,最后采用真是算例验证<sup>[22]</sup>。盛虎宜等人研究了目前较为热门的农村电商物流问题,针对农村地区客户分布散、需求量小、多种需求问题,建立了集送一体的多配送中心共同配送的模型,采用改进的蚁群算法求解<sup>[23]</sup>。王勇等人等人根据目前新兴电动车辆共享为背景,研究了电动车辆在共享充电站和共享车辆的路径优化,提出了在多个充电中心及多个服务阶段集中规划车辆调度<sup>[24]</sup>。王勇等人以多中心配送为背景,以开放-闭合混合模式为对象,开展开放-闭合混合模式下多中心配送为对象,开展开放-闭合混合模式下的车辆路径优化研究<sup>[25]</sup>。

Deng 等人研究了将不在同一配送中心的货物进行共同配送,并且采用遗传算法和紧急搜索法结合使用,进行建模求解,对模型进行求解,研究表明此方法优于单一算法求解<sup>[26]</sup>。Meng 分析了快递终端资源整合问题,根据末端配送的特点,提出信息整合共同配送,采用邻域搜索的模拟退火算法求解<sup>[27]</sup>。Wei Xiang Xu 分析了现在电子商务环境下城市特点及问题,设计了的共同配送模式<sup>[28]</sup>。Rongna Xue 等人在针对末端配送问题进行了研究,构建了共同配送模式下成本分担的模型并进行求解<sup>[29]</sup>。Guangyuan 等人以农村物流为研究背景,描述了目前农村电子商务的发展中物流方面存在的问题,提出了共同仓储配送模式,并运用对此进行评价分析其有效性<sup>[30]</sup>。

### 1.2.3 车辆路径优化问题

在物流网络配送中,车辆路径优化是一个重要的研究方向,在采购、生产、分销、零售、配送、逆向物流等各个环节中,都涉及到了路径优化问题,当前,国内外学者对此问题展开了大量的研究。如:

尹艺珂对城市配送路径问题进行了研究,以配送成本最低为目标,分别用蚁群算法和改进的遗传算法建模,用 Matlab 求解配送路线,对比两个方法求出的路线,得到最佳配送路线<sup>[31]</sup>。张强基于非单一交通环境,研究了物流配送的路径优化,研究过程中采用了启发式的蚁群算法进行建模,使用 Matlab 软件建模求解,并将其结果与遗传算法、未改进的蚁群算法的结果进行对比,研究表明:改进的蚁群算法优化路径最佳,传统的车辆路径优化关于客户满意的的研究较少<sup>[32]</sup>。户佐安,贾叶子等人研究

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/116113215143010202>