

# Route Optimization of Cold Chain Distribution in Beijing Area of A Pharmaceutical Group

Kun Ju, Shuji Liu, Zheng Lv, Pan Liu, Zhihui Zhang

Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing  
Email: 1119309827@qq.com

Received: Jul. 6<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 21<sup>st</sup>, 2020; published: Jul. 28<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

The demand for the pharmaceutical cold chain distribution model is increasing day by day. As the national capital, Beijing has a dense population and the demand for medicines is much higher than other cities. The cold chain distribution of medicines has always attracted much attention in the logistics industry. In the face of high demand and high standards of cold chain distribution of medicines, we must meet strict requirements to ensure the entire cold chain. In this paper, the ant colony algorithm and MATLAB simulation software are used to optimize the distribution route of A Pharmaceutical Group in Beijing, and the optimization results are analyzed from three perspectives: environment, enterprise, and patient.

## Keywords

Pharmaceutical Logistics, Cold Chain Distribution, Route Optimization, Ant Colony Algorithm

---

## A医药集团北京地区冷链配送路径优化

巨坤, 刘树基, 吕铮, 刘盼, 张志慧

北京石油化工学院, 北京  
Email: 1119309827@qq.com

收稿日期: 2020年7月6日; 录用日期: 2020年7月21日; 发布日期: 2020年7月28日

---

## 摘要

医药冷链配送模式需求量日益增加, 北京作为国家首都, 人口密集, 药品的需求量远高于其他城市。药

品的冷链配送对于物流行业来说一直备受关注,面对高需求量、高标准的药品冷链配送,我们要做到严格要求,确保全程冷链。本文通过蚁群算法以及MATLAB仿真软件,对A医药集团在北京地区的配送路径进行优化,并对优化结果从环境、企业、患者三个角度进行分析。

## 关键词

医药物流, 冷链配送, 路径优化, 蚁群算法

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. 引言

随着我国物流业的发展,物流配送水平正在不断提高,冷链业务已渗透到各行各业,药品安全问题关乎民生,超温的情况下会使药品失效,患者使用失去药效的药品会拖延病情,增加治疗难度,降低治愈率,不断弥补药品冷链配送行业的不足,对于现在的医药冷链物流业的发展非常重要[1]。为了使药品在配送过程中的药效得到保障,全程冷链配送模式逐渐走进医药圈。全程冷链成本非常高,对配送路径进行优化是最直观、有效的降低成本方式,不断缩短配送时间,为企业带来最大收益,为患者争取治疗时间[2]。

本文基于 A 医药集团在北京地区某一天的冷链配送情况,选取 28 家固定配送对象,并针对原有的配送路径进行合理的路径优化。

## 2. 研究过程

### 2.1. 研究步骤

- 1) 阅读配送路径优化方面的文献,学习路径优化算法,并记录学习结果。
- 2) 对 A 医药集团在北京地区医药冷链物流情况进行简单介绍,并发现配送路径存在的问题。
- 3) 针对于 A 医药集团在北京地区的配送情况,采用蚁群算法对配送路径进行优化,并利用 MATLAB 进行仿真实验并分析结果。

### 2.2. 研究方法

- 1) 文献学习法。通过阅读大量关于医药冷链配送、路径优化方面的文献,对该领域有了充分的了解,并将二者结合进行分析。
- 2) 数据统计法。利用现有的公开数据进行分析,了解企业现状。对具体配送对象和配送中心的经纬度坐标进行搜集统计,为仿真实验做准备。
- 3) 建模法。利用蚁群算法对已有数据进行建模分析,通过 MATLAB 工具软件进行算法实现。

## 3. A 医药集团配送路径存在问题及路径优化

### 3.1. 配送路径现状分析

A 医药集团在北京地区配送对象众多,高达 1500 多家,在这 1500 多家客户当中,大多数都是小型药店,少部分是北京市的公立医院。这些公立医院是 A 医药集团的固定配送对象,每天都有配送订单,本文选取 2019 年配送频次最高且配送量最大的 28 家公立医院为样本,配送顺序按照 2019 年某一天的订

单顺序执行。为方便后面标点、绘图等工作的进行，将配送中心、各节点分别用序号 1~29 代替[3]。

利用百度地图对各个节点进行距离测量，并将测量结果按照配送顺序整理成表，具体情况如表 1 所示。在这一天，配送中心分别向这 28 家医院进行药品配送活动，表格包括配送路线、各节点间的距离、总长度等信息。通过 Excel 表格进行数据统计整理，得到这一天的配送路线总长度，也就是 583.9 公里，保存数据在表格中，供之后使用。

**Table 1.** Distance and total length between nodes

**表 1.** 各节点之间距离以及总长度

序号	名称	路线	总长(km)
1	配送中心	-	-
2	北京市房山区良乡医院	1~2	17.0
3	北京市房山区第一医院	2~3	30.4
4	北京市延庆区医院	3~4	116.4
5	北京市门头沟区医院	4~5	175.3
6	昌平区医院	5~6	208.2
7	北京大学首钢医院	6~7	240.7
8	北京肿瘤医院	7~8	248.1
9	北京丰台医院	8~9	256.9
10	大兴区人民医院	9~10	270.2
11	北京复兴医院	10~11	290.0
12	北京大学人民医院	11~12	293.3
13	北京大学第三医院	12~13	298.7
14	海淀医院	13~14	302.4
15	小汤山医院	14~15	325.8
16	安贞医院	15~16	348.5
17	协和医院东院	16~17	355.2
18	北京友谊医院	17~18	359.1
19	北京航天总医院	18~19	368.5
20	同仁医院南院	19~20	377.7
21	北京中医药大学东方医院	20~21	390.3
22	北京妇产医院东院	21~22	398.6
23	中日友好医院	22~23	404.4
24	地坛医院	23~24	414.8
25	顺义区医院	24~25	430.7
26	北京怀柔医院	25~26	450.9
27	北京市密云区医院	26~27	470.2
28	平谷区医院	27~28	502.4
29	北京潞河医院	28~29	549.1
---	---	<b>29~1</b>	<b>583.9</b>

为方便观察具体路线，利用绘图软件，将各节点按照配送顺序对应百度地图描出并标注序号，图中椭圆形标记代表各个医院，星星标记代表配送中心。再将各点按照配送顺序进行连接，得到配送路径简图，如图 1 所示，以下称此路线图为原有路径。在这一天中，配送冷链车由标记序号 1 也就是北京配送中心出发，到达标记序号 2 的医院，完成配送作业，再到标记的序号 3 的医院……到达标记序号 29 的医院，最终返回北京配送中心的这样一个配送顺序来完成配送作业。

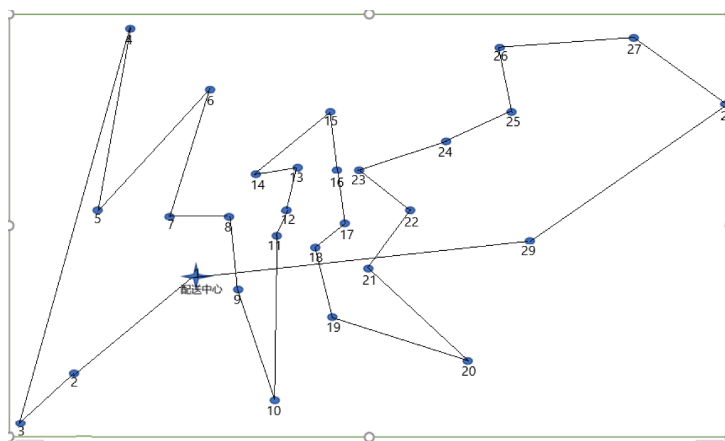


Figure 1. Sequence diagram of route distribution  
图 1. 规划路径配送顺序图

### 3.2. 现有配送路径问题描述

经过对 A 医药集团旗下的物流子公司，某一天在北京地区物流配送中心的药品冷链配送路径进行描点、绘图，发现配送路径存在以下几个问题：

1、完全按照下单顺序进行配送作业，没有明确的配送路径。序号 2 的良乡医院先下订单，序号 29 的潞河医院最后一个下订单，冷链车就从配送中心出发，先到序号 2，然后到序号 3，序号 4……最后到序号 29，配送顺序同图 3 完全按照订单顺序执行配送作业。

2、会造成绕远、走重路情况的发生，会导致资源浪费。如图 3 所示，从序号 3 到序号 4 再到序号 5 这段路程存在走重路绕远现象，如果改为从序号 3 到序号 5 再到序号 4 就可以减少里程数，图中这样的情况非常多，路径优化将会节约不少里程数。

3、由于配送路径存在绕远、走重路等问题，药品在配送途中耗费的时间会更久，从客户的角度考虑那些急需药品救命的病人，离危险就更进一步，离摆脱病痛更晚了一些。冷链车的使用成本高于普通车辆，从企业的角度考虑，耗时越久路径越长，成本就越高。环保问题一直备受关注，冷链车的运行时长与排放有害气体总量成正比，从环境的角度考虑，配送路径过远对环境不利。

### 3.3. 仿真实验结果展示

蚁群算法目前广泛用于解决配送路径优化问题，算法原理直观清晰，本文将使用该算法进行下面的路径优化工作。将蚁群算法和 A 医药集团的现状结合分析，发现 A 医药集团的配送路径情况可以使用蚁群算法进行路径优化。蚁群算法的实现还需要满足以下模型假设：

#### 3.3.1. 模型一般假设

A 医药集团旗下的四家上市公司，在北京只成立了一家配送中心，北京配送中心以及各个客户的地理位置均已知。北京物流配送中心药品丰富且充足，能够满足北京地区所有配送对象需求，配送服务全

部由物流子公司承担。物流子公司的配送业务受到全程冷链监管，配送过程中能够保证药品处于适宜的低温状态，该公司所有配送所需冷链车规模、载重相同，每辆车单次负载能力可满足所有顾客需求。所有冷链车均能保证匀速行驶，配送完成后全部返回北京配送中心，并且配送道路畅通，不存在交通拥堵等情况。在顾客方面，保证两个顾客之间都是直线距离。顾客所需药品数量均已知，每个顾客所需求的药品不会重复运送，且配送途中顾客不会再增添药品，也不会要求退换货[4]。

### 3.3.2. 变量表示

$b_i(t)$ ： $t$ 时刻位于医院  $i$  处的蚂蚁数目；

$L_k$ ：为蚂蚁已经走过路径的总长度；

$n$ ：医院节点总数；

$d_{ij}$ ：医院  $i$  与医院  $j$  之间的直线距离；

$\eta_{ij}$ ：路径  $(i,j)$  上的能见度，又被称为启发值，表示蚂蚁从医院  $i$  转移到医院  $j$  的期望程度；

$\tau_{ij}(t)$ ： $t$ 时刻路径  $(i,j)$  上的信息素总量；

$p_{ij}^k(t)$ ： $t$ 时刻蚂蚁  $k$  由医院  $i$  向医院  $j$  转移的概率；

$J_k(i)$ ：表示在医院  $i$  处蚂蚁  $k$  可以选择走的医院的集合。

### 3.3.3. 构建模型

在满足上述模型假设以后，建立配送路径优化路径最短模型：

$$\min s = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} x_{ij}$$

约束变量：

$$x_{ij} \begin{cases} 1, & \text{配送车辆由 } i \text{ 到 } j \\ 0, & \text{其他情况} \end{cases}$$

其中， $i$  和  $j$  的取值范围为  $1, 2, 3, \dots, n$ ， $x_{ij}$  取值为 0 或 1，1 表示冷链配送车从医院  $i$  行驶到医院  $j$ ，而 0 则表示冷链配送车从医院  $j$  行驶到医院  $i$  [5]。

完成路径最短模型的构建以后，开始准备仿真实验中所要用到的数据，利用经纬度查询网页，按照配送顺序，查找 28 家客户地址、配送中心地址的经纬度信息并记录整理成表，如表 2 所示。

**Table 2.** Longitude and latitude of each node

**表 2.** 各节点经度纬度

序号	名称	经度	纬度
1	配送中心	116.2579	39.8577
2	北京市房山区良乡医院	116.1464	39.7425
3	北京市房山区第一医院	115.9992	39.6995
4	北京市延庆区医院	115.9790	40.4689
5	北京市门头沟区医院	116.1084	39.9510
6	昌平区医院	116.2385	40.2326
7	北京大学首钢医院	116.2096	39.9350
8	北京肿瘤医院	116.2962	39.9294
9	北京丰台医院	116.3017	39.8488

## Continued

10	大兴区人民医院	116.3407	39.7363
11	北京复兴医院	116.3467	39.9110
12	北京大学人民医院	116.3606	39.9421
13	北京大学第三医院	116.3666	39.9884
14	海淀医院	116.3219	39.9827
15	小汤山医院	116.3972	40.1853
16	安贞医院	116.4097	39.9795
17	协和医院东院	116.4224	39.9186
18	北京友谊医院	116.4004	39.8919
19	北京航天总医院	116.4258	39.8106
20	同仁医院南院	116.5262	39.7799
21	北京中医药大学东方医院	116.4388	39.8703
22	北京妇产医院东院	116.4773	39.9365
23	中日友好医院	116.4334	39.9801
24	地坛医院	116.5325	40.0294
25	顺义区医院	116.6631	40.1349
26	北京怀柔医院	116.6670	40.3233
27	北京市密云区医院	116.8771	40.3811
28	平谷区医院	117.1114	40.1530
29	北京潞河医院	116.6656	39.9075

### 3.4. 结果展示

使用 MATLAB 软件按照上述流程进行仿真实验，得到优化路径结果图 2，从该图中可以看出重新规划的路径，图中序号 1 表示配送中心，序号 2 表示第一家医院的位置……序号 29 表示第二十八家医院位置，具体顺序如下所示：

原有路径：

配送中心(1)-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-配送中心(1)。

通过算法得到的优化路径是：

配送中心(1)-7-8-11-12-14-13-16-23-22-17-18-21-19-20-29-28-27-26-25-24-15-6-4-5-3-2-10-9-配送中心(1)。

按照图 2 的优化结果，再次利用百度地图测工具，按照优化后配送顺序进行总里程数的测量，得到优化后配送路径全程总里程数为 433.9 公里，将优化后的路径图用绘图软件简化，并利用拼图软件将原来路径简化图和优化后路径简化图拼接在一起，方便做对比分析，拼接后的对比图如图 3 所示。

我们在表 3 展示原有路径和优化路径的对比结果，针对于优化结果我们将从企业成本、客户感受、环境保护三个角度进行分析。

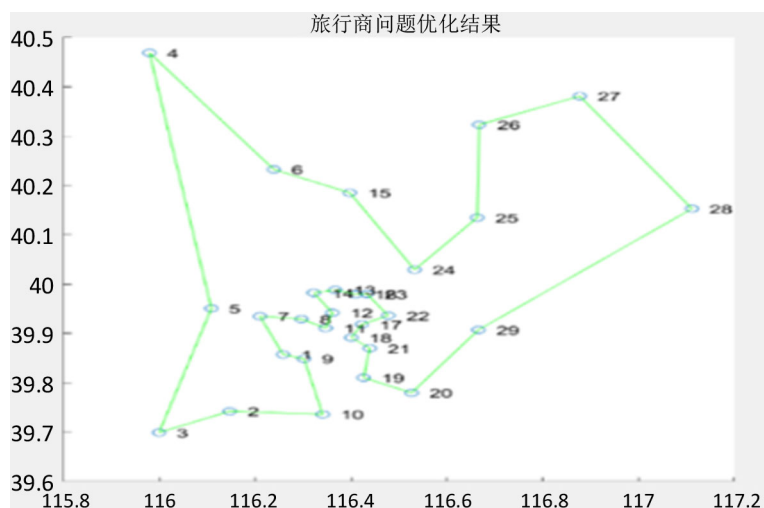


Figure 2. Optimizing path result display

图 2. 优化路径结果展示

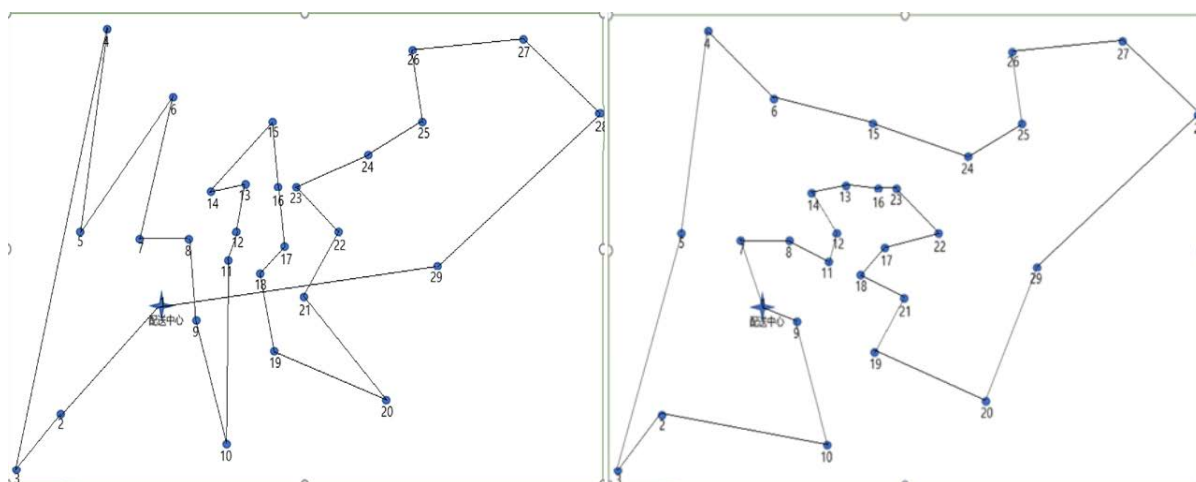


Figure 3. Comparison before and after path optimization

图 3. 路径优化前后对比

Table 3. Comparison of planned path and optimized path results

表 3. 规划路径优化路径结果比较

	原有路径	优化路径	节约情况
总公里数	583.9 千米	433.9 千米	150 千米
时长	19.4 小时	14.5 小时	4.9 小时
每辆车耗油量	116.78 升	86.78 升	30 升
年耗油量	4.26 万升	3.16 万升	1.1 万升
年柴油耗资	29.39 万元	21.8 万元	7.59 万元
年二氧化碳排放量	365.01 千克	270.81 千克	94.2 千克
年二氧化硫排放量	426 千克	316 千克	110 千克
年烟尘排放量	76.68 千克	56.88 千克	19.8 千克

优化路径对比规划路径, 规划路径总公里数为 583.9 公里, 优化路径总公里数为 433.9 公里, 直线距离减少了 150 公里。

以 A 医药公司在北京地区一天的配送情况为例, 配送中心冷藏车行驶速度  $v = 30 \text{ km/h}$ , 柴油价格 6.9 元/升, 1 辆冷链车每公里耗油 0.2 升。

1) 从企业成本角度上分析。每次该路线的配送, 这一辆冷链车就可节约 30 升柴油, 一年就是 1.1 万升柴油, 燃油方面将节省 7.59 万元资金。A 医药集团不止一辆冷链车, 在北京地区也不止这一条配送路径, 倘若每天的订单上的配送路径都提前做好优化, 将为企业节约一笔不小的开支。

2) 从客户感受角度分析。病人越早用上有效药品, 就能越早摆脱病痛折磨。经过计算优化后的路径比原有路径每次配送可节约 294 分钟, 将近五个小时, 对于配送用来拯救生命的药品来说, 配送过程中节约的每分每秒都是在与病魔抢时间, 配送路径越短, 耗费的时间越短, 病人治愈的几率越高。

3) 从环境保护的角度分析。冷链车配送过程中还会产生很多有害气体, 1 立方米柴油燃烧主要产生  $8.57 \text{ kg/m}^3$  二氧化氮,  $10 \text{ kg/m}^3$  二氧化硫,  $1.8 \text{ kg/m}^3$  烟尘这三种有害物质。这三种主要的有害气体不仅对环境的影响严重, 对人类的健康也是非常不利。

采用优化后的路径一年下来可以减少约 94.2 kg 的二氧化氮排放, 减少 110 kg 的二氧化硫排放量, 烟尘排放量减少 19.8 kg。只考虑一辆冷链车的冷链配送, 该公司一年就可以减少这么多有害气体排放量, 如果每此配送前都进行路径优化, 所有地区配送路径都进行优化, 所有配送行业都进行路径优化, 那么环保问题将不再棘手。环境保护要从每个小事儿做起, 每个人, 每个公司做起, 也许单次有害气体排放量减少的并不多, 但日积月累就是一个不小的数字。

#### 4. 结语

医药冷链物流是指确保药品在全程低温状态下完成物流活动。医药不同于其他需要冷链配送的物品, 医药配送时间与患者治愈率息息相关, 在配送路途减少一秒钟, 病人的痛苦就会提前一秒钟消失, 我们的职责就是尽可能多地减少消耗在配送途中的时间, 让病人早日脱离病痛折磨。与此同时, 选择优化路径还能节约成本, 为企业节省更多不必要开支, 使收益达到最大化。冷链物流对于疫苗、血液制品等对温度敏感的药品来说是必不可少的, 超温会导致药品发生变质, 变质药品不仅会影响治疗进度, 还会对患者健康造成威胁, 可以说是百害而无一利[6]。

目前我国药品流通行业需求高速增长, 北京作为国家首都, 药品需求量更是高于其他城市。药品安全问题始终饱受关注, 在保证药品处于全程冷链、药效不受影响的情况下, 合理地对比配送路径进行优化是十分必要的。优化后路径能为配送环节节约时间, 能为企业降低成本, 能为患者减轻痛苦, 能为环保做出贡献。

本文主要以 A 医药集团的配送情况为例, 选取样本搜集数据, 使用蚁群算法, 并结合 MATLAB 软件进行仿真实验, 按照算法流程图进行操作, 得到优化后的配送路径图。并将优化后路径与原有路径做对比, 从企业成本、顾客感受、环境保护三个角度进行分析, 发现本次路径优化是可行的, 优化结果是有意义的, 达到了最初的研究目的。

#### 基金项目

北京石油化工学院北京市 URT 项目 2020J00192。

#### 参考文献

[1] 黄婉柔. 北京市医药冷链物流共同配送优化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.



- 
- [2] 肖超. 基于改进蚁群算法的冷链低碳物流路径优化研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津商业大学, 2018.
  - [3] 尹泉. 基于蚁群算法的冷链物流配送路径优化及系统实现[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
  - [4] 杨浩. 某制药企业物流配送路径优化问题研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2019.
  - [5] 蔡勇. 兰州市 A 医药有限公司物流配送路径优化研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2018.
  - [6] 姚璐. 基于改进蚁群算法的医药物品配送路径优化研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉科技大学, 2013.