

低碳下带时间窗的冷藏药品路径优化

王奕璇, 陈 荔, 王 涛

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要:针对城市中冷藏药品的车辆调度与路径规划问题,从节能减排的新视角,提出以降低药品配送成本为目标,以客户服务时间窗为约束的低碳下带时间窗的冷藏药品非线性路径优化模型。以上海市敬谊物流公司药品配送为实例,并采用 lingo11.0 编码求解,验证了模型的有效性和可行性。结果表明:在考虑碳排放因素下合理规划冷藏药品的配送路径,使企业可同时兼顾经济效益和环境效益,因而企业社会总成本会有所降低。

关键词:低碳;冷藏药品;路径规划

中图分类号:F252 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)02-0083-06

药品冷链物流是指冷藏药品(如疫苗、生物制品以及血液等温度敏感性药品),从企业生产到使用前的整个存储、运输及配送过程,始终保持在规定的低温环境以下,以保证药品质量的一种特殊供应链管理系统^[1]。

医药产业是我国国民经济的重要组成部分。据商务部统计,2015 年我国药品流通行业的疫苗类、生物制品以及血液类等需要冷藏的药品的销售金额占总金额的 6% 以上,并且有明显的上升趋势。但我国医药物流成本居高不下,据中国物流与采购联合会统计,我国的物流成本到目前为止一直维持在 10% 以上,与发达国家 0.5%~1.0% 的医药物流成本相差甚远^[2]。同时,我国冷链药品物流系统不够完善,被媒体曝光的一系列疫苗不良反应事件如:2006 年—2010 年山西疫苗事件以及 2016 年 3 月份山东省非法疫苗事件等,都是由于疫苗的运输、存储等不符合医药冷链的要求所造成的。由此可见,保证冷藏药品在整个物流过程中的低温运输、存储,成为我们在冷藏药品方面亟待解决的问题。

国外学者很早就开始对冷链医药物流进行相关研究。E. Cherian^[3]早在 1993 年研究疫苗冷链时就指出,冷链系统是影响疫苗接种成功与否的一个重要因素,同时也指出了各种温控设施设在冷链物流中的重要性;R. L. Jones^[4]认为由于血液对于温度和配送时间有着极为严格的要求,所以血液的运输需要特

殊的方法,对于配送血液的冷链物流需要事先做好战略规划;Papageorgiou^[5]等人通过对医药供应链优化策略与方法的研究,进而设计了一种优化的医药物流的拓扑结构;我国学者黄惠春^[6]在对药品冷链物流结构分析的基础上,认为首先要明确冷链药品温度控制要求及冷链运输的流程,才能进行冷链药品的精细化运输;胡正东、李夏苗^[7]等从“物流一体化”的概念出发,提出在合作博弈的模式下建立“三方四层”的物流联盟,进而进行医药物流网络节点的选择。在路径问题方面,王淑云^[8]等研究了当客户需求不确定时,如何在满足一定的约束条件下,为车辆寻求最合适的路径;张锦、谢克明^[9]基于蚁群算法研究设计了医药物品配送路线,并通过实验仿真验证其有效性;郑国华、周小强^[10]等研究了药品配送的动态化问题,用以解决城市医药客户需求的随机性和不确定性。

近年来,碳排放问题逐渐得到各国的密切关注。《Stern Review》^[11]中曾指出物流配送是碳排放的主要来源之一,在全球的温室气体排放中物流运输占 14%,我国物流业燃油消耗占总消耗的 34% 左右,二氧化碳排放量占 18.9%,能耗成本已经占据物流企业 40%,甚至 80% 的比重。而随着社会的不断进步,物流业在国民经济中所占比重在不断上升。因此在医药物流的流通、运输、配送等活动中融入“可持续发展”和“碳减排”的理念^[12],规划出一个配送成本最低同时碳排放量最少的冷藏药品配送路径具有一定的

收稿日期:2016-09-21

作者简介:王奕璇(1994—),女,河南开封人,上海理工大学管理学院,硕士研究生,研究方向:医药物流、绿色物流;陈荔(1967—),女,辽宁人,上海理工大学管理学院,副教授,博士,研究方向:运营管理、战略规划;王涛(1992—),男,江苏人,上海理工大学管理学院,硕士研究生,研究方向:逆向物流,绿色物流。

理论和现实意义。

以往的大部分学者对于配送路径问题的研究主要集中在算法的创新,以及常温物品、水果、农产品等易腐物品的配送路线的规划,对于药品配送特别是冷藏药品配送方面的研究较少。本文在以往学者研究常温物品配送路径优化的基础之上,研究了低碳环境下带时间窗的冷藏药品路径优化问题,在安排车辆路径时,充分考虑了固定、运输、制冷、货损等成本,同时加入能耗、碳排放成本,由于药品的高时效性,在模型中也充分考虑了时间窗这一要素,利用 lingo 软件进行编码求解,并通过实例来验证模型的有效性和可行性,以期从企业角度降低冷藏药品的配送成本,保证药品质量的同时兼顾企业的社会效益。

1 模型的建立与求解

1.1 基本假设

1) 本模型仅考虑一个位置确定的医药配送中心,向分散在同一城市各个不同地区的多个客户配送药品的问题。

2) 从配送中心出发向客户送货,客户的需求量确定且每个客户只能被访问一次。

3) 配送中心拥有一定数量的车辆,最大容量已知,在运输过程中不允许超载,且单位时间的运输成本相同。

4) 每条运输任务路线只能由一辆运输车辆承担,完成配送任务后,配送车辆必须返回配送中心,所有运输车辆类型相同且均停放在配送中心。

5) 配送中心到各个客户之间的运输距离,以及客户与客户之间的距离已在配送前确定。

6) 随着时间的增长,冷藏药品质量下降,会产生一定的货损成本。

7) 在配送过程中有一定的时间限制,否则会有一定的经济惩罚。

1.2 符号定义

$V = \{0, 1, \dots, m\}$ 为客户节点集合, 0 表示配送中心; $g_i (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ 客户 i 需求量; q 车辆容量 ($q > g_i$); $d_{ij} (i, j \in \{0, 1, 2, \dots, m\})$ 客户 i, j 之间的距离 $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$; c_0 单位车辆的固定成本; w_1 车辆的单位运输成本; $[A_j, B_j]$ 客户 j 可接受的时间窗; w_2 车辆对客户可接受时间窗内每提前或迟到的单位时间的惩罚成本; T_{jk} 车辆 k 在客户点 j 被惩罚的时间; s_j 配送车辆 k 从客户 i 到客户 j 需要的时间。

设配送中心的编号为 0, 客户的编号为 1, 2, 3, ..., m , 定义变量如下:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{车辆 } k \text{ 由客户 } i \text{ 行驶到客户 } j \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

$$y_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{客户 } j \text{ 的货运任务由车 } k \text{ 负责完成} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

1.3 建立模型

考虑到可持续发展的问题,低碳环境下冷藏药品配送成本主要由 6 个部分组成:车辆的固定成本、运输成本、制冷成本、货损成本、惩罚成本以及碳排放成本。

制冷成本主要是指为了保持车厢内的低温而耗费的制冷剂的成本,制冷剂的消耗量 Q 主要与车厢的表面积 s 、传热系数 λ 和车厢内外温差 $\Delta\rho$ 等因素有关 ($Q = c_1 \times s \times \lambda \times \Delta\rho$)。 μ 为制冷剂的单价, t_{ij} 为从客户 i 到达客户 j 的行驶时间, c_1 为常数;则制冷成本为:

$$z_3 = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \mu \times (c_1 \times s \times \lambda \times \Delta\rho) \times t_{ij}$$

运输过程中的货损成本包括两个方面。一是由于运输过程中时间的积累而造成的药品质量的下降;二是由于装卸药品时,后车厢门的开启导致车厢内温度的上升而对冷藏药品质量产生影响。 P 表示药品单价, β_1 表示运输过程中药品的货损比例, β_2 表示装卸过程中的货损比例, g_j 表示客户 j 的需求量,则货损成本为:

$$z_4 = p \sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (\beta_1 d_{ij} + \beta_2 g_j) x_{ijk}$$

运输车辆在客户可接受的时间窗内早到或者晚到都会受到一定的时间惩罚,假设 w_2 为单位时间惩罚成本, T_{jk} 为车辆 k 在客户点 j 被惩罚的时间,则惩罚成本为:

$$z_5 = w_2 \sum_{j=0}^m \sum_{k=1}^n T_{jk}$$

设 θ 为二氧化碳的碳排放系数, γ 为碳税价格,车辆在配送过程中的碳排放量与运输距离以及车辆的载重量相关,则碳排放成本为:

$$z_6 = \theta \sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \gamma q_{ij} d_{ij} x_{ijk}$$

综上,目标函数为:

$$\text{最小配送成本: } Z = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6$$

$$\begin{aligned} \min Z = & c_0 k + w_1 \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \sum_{k=1}^n d_{ij} x_{ijk} + \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \mu \times \\ & (c_1 \times s \times \lambda \times \Delta\rho) \times t_{ij} + p \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (\beta_1 d_{ij} + \beta_2 g_j) x_{ijk} + \\ & w_2 \sum_{j=0}^m \sum_{k=1}^n T_{jk} + \theta \sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \gamma q_{ij} d_{ij} x_{ijk} \end{aligned} \quad (1)$$

s. t.

$$T_{jk} = \begin{cases} A_j - T_{jk} & T_{jk} < A_j \\ 0 & A_j \leq T_{jk} \leq B_j \\ T_{jk} - B_j & T_{jk} > B_j \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m g_i y_{ik} \leq q \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^n y_{ik} = \begin{cases} 1 & i = 1, 2, \dots, m \\ n & i = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^m x_{ijk} = y_{jk} \quad j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\sum_{j=0}^m x_{ijk} = y_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ijk} = \sum_{j=1}^m x_{jik} \leq 1 \quad i = 0; k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$A_j \leq S_j \leq B_j \quad (8)$$

(1)为目标函数,即车辆在完成配送任务时的最小配送成本;

(2)为车辆在不同时刻到达客户点被惩罚的时间;

(3)为车辆容量的约束,即客户的需求量不能超过车辆的最大承载量;

(4)确保客户*i*的运输任务仅由配送车辆*k*来完成,

而所有任务由*n*辆车来共同完成;

(5)、(6)为到达某一顾客的车辆唯一性约束,即每辆车仅由一辆车服务一次;

(7)确保车辆从配送中心出发回到配送中心;

(8)基本时间窗约束,即车辆要在规定的时间范围内完成配送。

2 实证分析

2.1 实例验证

本文选取上海敬谊物流公司为例,该公司属于专业第三方物流公司,为波士顿科学、碧迪等各大医药公司提供药品配送服务。假设配送中心编号为“0”,选取分散在上海市的10个医院及相关医疗机构作为研究客户。据调查,该公司的药品配送车为专业冷藏车,最大载重量为3 t,以配送一种药品为例,药品的价格为3 000元/吨,每辆车的固定成本*c*₀为150元,单位运输成本*w*₁为3,车辆行驶速度为35 km/h,服务时间为30分钟/每个客户,*β*₁=0.1%*β*₂=0.2%,车辆行驶过程中使用液态氮作为制冷原料,每千克液态氮*μ*为4元,车内温度为-10℃,车外温度为25℃即Δ*ρ*=35(在这种温度系数下*c*₁的平均值为0.19),*S*=10,*λ*=0.2,单位惩罚成本*w*₂为50元/小时,设中型汽油车的碳,排放系数*θ*=2.61kg·CO₂/t·km,碳税价格*γ*=0.133 26(元/kg·CO₂),各个客户之间的距离及需求量见表1;各客户要求的服务时间窗见表2。

表1 配送中心到各客户点的距离(km)及需求量(t)

$\begin{matrix} i \\ d \end{matrix}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	24.0	41.9	32.6	98.5	43.6	12.8	37.0	22.9	59.5	23.4
1	24.0	0	16.9	4.1	63.0	10.8	19.5	12.5	12.4	21.6	21.4
2	41.9	16.9	0	20.8	51.4	6.4	37.4	25.1	30.1	10.0	24.8
3	32.6	4.1	20.8	0	64.4	12.1	18.3	8.3	11.3	22.5	18.8
4	98.5	63.0	51.4	64.4	0	51.3	85.6	64.9	74.9	44.0	71.8
5	43.6	10.8	6.4	12.1	51.3	0	30.9	11.0	22.0	14.9	20.3
6	12.8	19.5	37.4	18.3	85.6	30.9	0	25.8	20.4	49.4	18.7
7	37.0	12.5	25.1	8.3	64.9	11.0	25.8	0	15.7	25.3	25.3
8	22.9	12.4	30.1	11.3	74.9	22.0	20.4	15.7	0	34.2	14.7
9	59.5	21.6	10.0	22.5	44.0	14.9	49.4	25.3	34.2	0	35.8
10	23.4	21.4	24.8	18.8	71.8	20.3	18.7	25.3	14.7	35.8	0
g/t		1.0	0.5	0.7	0.4	0.9	0.5	0.9	0.6	0.2	0.5

为了安排线路,需要对使用的汽车数有一个估计。一般情况下,货物装卸车越复杂,约束条件越多,一辆车的实际载货量就越小,而所需要的车的数量就会越多。为了使路线安排具有一定的弹性,文献[13]

给出了确定需要汽车数的计算公式。

$$k = \lceil \sum_{i=1}^m g_i / aq \rceil \quad (k = 1, 2, 3, \dots, n)$$

其中,*k*为所需车辆数,⌈*⋅*⌉表示取整,*a*为参数(0<*a*

< 1) 表示对装卸车的复杂程度的约束,一般来说,装车越复杂, a 越小,一般 a 取值为 0.85。经计算针对这 10 个客户的配送,需要使用 3 辆车。

表 2 各客户要求的服务时间窗

客户点	要求时间窗 $[A_j, B_j]$
1	[9:00-10:30]
2	[9:30-11:00]
3	[9:30-11:00]
4	[11:00-12:30]
5	[10:00-11:30]
6	[13:30-14:30]
7	[14:30-16:00]
8	[14:30-16:00]
9	[15:30-17:00]
10	[15:00-16:30]

2.2 结果分析

本文利用 lingo11.0 进行编码求解,lingo 是用于

求解最优化问题的一种软件包,用于求解线性、非线性以及二次规划问题,具有效率高、准确性强、执行速度快等优点。文章根据实际情况,从不考虑碳排放和考虑碳排放两种角度分析冷藏药品的配送路径。

1)不考虑碳排放时的冷藏药品配送路径。当企业不考虑碳排放时,安排配送路径主要考虑客户之间距离的远近以及时间窗的要求。此时的三条配送路线分别是 0-1-5-4-0,0-3-2-7-0,0-6-8-10-9-0。其中第一条路线 0-1-5-4-0,车辆的配送里程为 95.0 km,车辆的载重量为 2.3 t,运输成本为 285 元,货损成本为 298.8 元;第二条配送路线 0-3-2-7-0,配送里程为 78.5 km,车辆载重量为 2.1 t,运输成本为 235.5 元,货损成本为 248.1 元;第三条配送路线 0-6-8-10-9-0,车辆的配送里程为 83.7 km,车辆载重量为 1.8 t,运输成本为 251.1 元,总成本为 261.9 元;三辆车的总配送成本为 2 421.3 元。(如表 3)

表 3 不考虑碳排放时企业总配送成本

配送路线	配送里程	载重量	运输成本	货损成本
1 0-1-5-4-0	95 km	2.3 t	285 元	296.4 元
2 0-3-2-7-0	78.5 km	2.1 t	235.5 元	248.1 元
3 0-6-8-10-9-0	83 km	1.8 t	251.1 元	261.9 元
总配送成本	2 419.4 元			

2)企业考虑碳排放下的冷藏药品配送路径。当企业考虑碳排放时,安排配送路径不仅要考虑客户之间距离的远近以及时间窗的要求,另外还要考虑车辆载重大小的问题。此时的三条配送路线分别是 0-1-2-7-0,0-3-5-4-0,0-6-8-9-10-0,第一条配送路线 0-1-2-7-0,配送里程为 66 km,载重量为 2.4 t,运输成本为 198 元,货损成本为

212.4 元,碳排放成本为 55.1 元;第二条配送路线为 0-3-5-4-0,配送里程为 100 km,载重量 2.0 t,运输成本为 300 元,货损成本为 312.6 元,碳排放成本为 69.6 元;第三条配送路线 0-6-8-9-10-0,配送里程为 91.2 km,载重量为 1.8 t,运输成本为 273.6 元,货损成本为 284.4 元,碳排放成本为 57.1 元;三辆车的总配送成本为 2 603.7 元。(如表 4)

表 4 考虑碳排放时企业总配送成本

配送路线	配送里程	载重量	运输成本	货损成本	碳排放成本
1 0-1-2-7-0	66 km	2.4 t	198 元	212.4 元	55.1 元
2 0-3-5-4-0	100 km	2.0 t	300 元	311.6 元	68.5 元
3 0-6-8-9-10-0	91.2 km	1.8 t	273.6 元	284.4 元	57.1 元
总配送成本	2 601.7 元				

我们将“考虑碳排放”和“不考虑碳排放”的两种结果进行对比,明显发现考虑碳排放的总配送成本要远远大于不考虑碳排放的总配送成本,我们在“不考虑碳排放”时自动假设的是其碳排放为 0,但是在实际的配送过程中仍然是存在碳排放成本的,如表 5 企

业不考虑碳排放时的社会总成本,同时我们对比一下两种情况下的社会总成本的大小(如表 6)。

根据表 6,我们可以看出考虑碳排放的社会总成本要比不考虑碳排放的减少了 5.4 元,这是由于在低碳下进行配送路径的选择时不仅考虑了配送里程的

长短,另外更加注意了配送车辆的载重量的思考,由于载重量的变化同时会对货损成本产生一定的影响,因而冷藏药品的配送社会总成本发生了变化。当企业不考虑碳排放时,需要企业独自承担的成本为2 419.4元,而此时的碳排放成本 187.7 元需要政府

完全承担;当企业考虑碳排放时,需要企业独自承担的成本为 2 421.0 元,而此时的碳排放成本 180.7 元由政府和企业共同承担,相比之下,企业的总成本增加了 182.3 元。

表 5 不考虑碳排放时企业社会总成本

配送路线	配送里程	载重量	运输成本	货损成本	碳排放成本
1 0—1—5—4—0	95 km	2.3 t	285 元	296.4 元	77 元
2 0—3—2—7—0	78.5 km	2.1 t	235.5 元	248.1 元	58.3 元
3 0—6—8—10—9—0	83 km	1.8 t	251.1 元	261.9 元	52.4 元
社会总成本	2 607.1 元				

表 6 两种情况下的社会总成本比较

	配送里程	企业成本	碳排放成本	社会总成本
考虑碳排放	257.2 km	2 421.0 元	180.7 元	2 601.7 元
不考虑碳排放	256.5 km	2 419.4 元	187.7 元	2 607.1 元

目前我国关于碳排放主要有三种政策,分别是碳税政策、碳交易政策及碳税补偿政策。对于环境治理问题,如果长期进行“政府买单”则不利于企业产业结构的优化升级,给政府带来一定负担的同时还会对企业造成一定的社会负面影响,因此政府可以对企业进行一定的碳税补偿。对于本文而言,由于考虑碳排放进而造成企业成本增加了 182.3 元,政府可对此进行补贴,政府的补贴区间为[182.3 187.7],而当政府对碳排放进行补贴后,企业所需要承担的成本区间为[2414 2419.4],所以无论是政府还是企业,在设计冷藏药品的配送路径时考虑到低碳的影响是一个互惠互利的方案。

3 结语

本文基于节能减排的新视角,研究了低碳环境下带时间窗的冷藏药品路径优化问题,在安排车辆路径时,充分考虑了固定、运输、货损等成本,同时加入碳排放成本,通过 lingo11.0 求出最佳配送路径的同时,将“考虑碳排放”和“不考虑碳排放”的配送成本进行比较,发现“考虑碳排放”的医药物流配送社会总成本低于“不考虑碳排放”的社会总成本,这一结论为政府和企业齐心协力发展低碳医药物流提供了参考。然而本文在进行碳排放的计算时,仅仅考虑了距离以及载重量的大小对于碳排放的影响,但是在现实生活中,交通拥堵状况,天气状况都会对碳排放产生一定的影响;另外文章并没有考虑低碳下医药物流中心的选址问题,以及能否将相关的医药产品在配送的过程中进行回收,进而将该配送路径整合成一个完整的物

流闭环,这也是作者下一步需要努力研究的方向。

参考文献

[1] 王亚莉,季恺绮. 药品流通环节冷链物流管理的现状分析及对策研究[J]. 中国医药指南,2012,10(8):284.

[2] 中国物流与采购联合会,中国物流中心. 医药企业物流成本分析[J]. 中国物流与采购,2011(12):60—61.

[3] E CHERIYAN. Monitoring the vaccine cold chain[J]. Archives of Disease in Childhood,1993,69(10):600—601.

[4] R L JONES. The blood supply chain, from donor to patient: a call for greater understanding leading to more effective strategies for managing the blood supply[J]. Transfusion. 2003,43(2):133—135.

[5] LAZAROS G PAPAGEORGIOU, GUILLERMO E ROTSTEIN, NILAY SHAH. Strategic supply chain optimization for the pharmaceutical Industries[J]. Industrial Engineering of Chemical Research,2001,40(1):275—286.

[6] 黄惠春. 药品冷链公路配送精细化组织方法研究[J]. 物流技术. 2012,31(7):125—128.

[7] 胡正东,李夏苗,等. 合作博弈下医药物流联盟节点决策模型及算法[J]. 计算机工程与应用,2012,48(20):32—39.

[8] 王淑云,孙云. 需求变动下的冷链品配送路径规划[J]. 公路交通科技,2014,31(8):144—150.

[9] 张锦,谢克明. 蚁群算法在医药物品配送路径优化中的应用[J]. 太原理工大学学报,2009,40(6):600—603.

[10] 郑国华,周小强,张力敏. 基于时间窗的城市医药品动态配送路径优化模型与算法[J]. 铁道科学与工程学报,2011,8(4):80—85.

[11] STERN N. The economics of climate change: the stern review[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.

(下转第 92 页)

实现间接质押融资,此类企业资金需求不紧迫时可以考虑与担保机构合作。

参考文献

[1] 杨扬,陈敬良. 我国高新技术企业知识产权质押融资机制的演化博弈分析[J]. 工业技术经济,2014(7): 43—48.

[2] 乾坤,沈厚才. 基于企业专利质押的信贷风险决策[J]. 系统工程,2013(9):39.

[3] 徐静,鲍新中,王英. 科技型企业知识产权质押融资的动力学机理研究[J]. 科技管理研究,2015(11): 154—158.

[4] 宋光辉,田立民. 科技型中小企业知识产权质押融资模式的国内外比较研究[J]. 金融发展研究,2016(2)50—56.

[5] 尹夏楠,鲍新中,朱莲美. 基于融资主体视角的知识产权质押融资风险评价研究[J]. 科技管理研究,2016(12):125—129.

[6] EPSTEIN R J,MARCUS A J. Economic analysis of the reasonable royalty:simplification and extensions of the georgiapacific factors[J]. Journal of the Patent and Trade-mark office Society,2003,85(7):55—56.

[7] 张伯友. 知识产权质押融资的风险分解与分步控制[J]. 知识产权,2009(2):30—34.

[8] SEVENSSON R. Commercialization of patents and external financing during the R&D phase[J]. Research Policy,2007,36(7):1052—1069.

[9] JIMNEZ GABRIEL, SALAS VICENTE, SAURINA JESUS. Determinants of collateral[J]. Journal of Financial Economics,2006,81:255—282.

[10] J P NIINIMAKI. Nominal and true cost of loan collateral[J]. Journal of Banking& Finance,2011,35:2782—2790.

A Study of the Impact from Incentive Policies,Enterprise’s and Patents’ Characteristics to the Patent Pledge Modes

XIANG Jun, FANG Hou-zheng

(School of Management,University of Shanghai for Science and Technology,Shanghai 200093,China)

Abstract: By analyzing the dataset of 1160 patent-collateralized loan contracts of China during 2009to2012, we identified the different between direct and indirect collateralization modes by Student’s t test and the influence of different variables on patent pledge mode by Logistic regression model. The result shows Government Incentive Policies and high and new tech enterprises have a significant positive effect on patent pledge mode. Patent number, the effective patent life, the enterprise’s age and the company’s size have a significant negative effect on patent pledge mode. We also find that the enterprise’s age and the effective patent life have a negative moderating effect on the relationship between the Government Incentive Policies and Enterprises’ Patent Pledge mode.

Key words: patent pledge mode;incentive policies;patent characteristics;enterprises’ characteristics

(上接第 87 页)

[12] 何其超,胡列格,钱红波. 基于多目标规划的低碳销售物流网络规划方法[J]. 系统工程. 2013,31(7):37—43.

[13] 李军,郭耀煌. 物流配送——车辆优化调度理论与方法[M]. 北京:中国物资出版社,2001:45—46.

Vehicle Routing Optimization with Time Windows of Refrigerated Drug in Low-carbon Economy

WANGYi-xuan, CHEN Li, WANG Tao

(Business School,University of Shanghai for Science and Technology,Shanghai 200093,China)

Abstract: On the issues of vehicle scheduling and VRP of the refrigerated drug in the city, from the new perspective of energy conservation and emission reduction, proposing the target is to reduce the cost of drug distribution, using the nonlinear VRPTW of the refrigerated drug model, with the constraint of customer service time windows. This article taking the drug distribution of JingYi logistics company of Shanghai as the example, and using the lingo11.0 coding solution, which has verified the effectiveness and feasibility of the model. The result indicated that rational planning distribution routes of refrigerated drugs with the consideration of carbon emission, which will enable the enterprise to considerate the economic and environmental benefits at the same time, with the result that the total social cost of the enterprise will be reduced more or less.

Key words: low-carbon;refrigerated drugs;VRP