文章编号:1000-6788(2005)10-0033-06

最小化运输与库存费用的两级分销策略分析

王　亮[1,2],孙绍荣[1],吴晓层[1]
(1. 上海理工大学管理学院,上海 200093;2. 青岛理工大学管理系,山东 青岛 266520)

摘要: 研究的两级分销库存系统由一个分销中心和 N 个零售商组成,设两级库存补充均采取周期订货策略,在每个零售商处的客户需求是随机的且服从一定的概率分布.我们的目标是在满足给定的客户服务水平的条件下,寻求该供应链运输和两级库存总费用的最小化.通过对运输及两级库存费用之间的关系分析,我们给出了一启发式算法,确定出了零售商的补货时刻、补货数量与车辆的行车线路.
关键词: 分销系统;随机需求;线路安排;库存控制;整合优化
中图分类号: F252.5　　**文献标识码**: A

Distribution Strategies that Minimize Inventory and Vehicle Routing Costs in a Two-echelon Distribution System

WANG Liang[1,2], SUN Shao-rong[1], WU Xiao-ceng[1]
(1. College of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Department of Management, Qingdao Technological University, Qingdao 266520, China)

Abstract: Integrating transportation and inventory decisions has become one of the most studied research areas in distribution system. This paper considers the two-echelon distribution system containing a single distribution center (DC) and N stores. We assume that the DC and stores perform periodic review and order strategies. We also assume that customer demand at each store is random and follow certain distribution. Our object is to minimize the total cost of transportation and inventory in the supply chain under the restriction of given customer service level. By analyzing the relations of two - echelon inventory costs and transportation cost, this paper present a heuristic algorithm to determine for each discrete time instant the retailers to be visited and the quantity of product shipped and the route of the vehicle.
Key words: distribution system; random demand; routing; inventory control; integrated optimization

1　引言

在物流分销系统的成本中,运输和库存是两个成本耗费最大的要素[1].将运输和库存作为整个系统一同来研究无疑将降低运输和库存总的费用.

最早提出整合运输和库存系统研究的是 Harris[2](1913),并给出了经典的 EOQ 模型解决了具随机需求的单周期模型.但在此后的半个多世纪里,由于整合研究的复杂性及当时供应链中运输和库存两环节的相对独立性,一直受到较少的关注.事实上,一直到 20 世纪 80 年代初,库存问题和运输问题基本上还是分别进行研究的.进入 80 年代中期,随着全球市场竞争的加剧,高效率及高效益的配送一体化战略开始凸现其重要性和必要性,库存问题和运输问题的整合研究开始成为众多学者研究的重点.

Burns(1985)等使用分析的方法研究了单发点多收点物流网络的联合库存和运输最小费用问题[3].他们模型的特点是只有一种产品且服从确定性需求;Anily 和 Federgruen(1990)研究了单产品、确定性需求时间连续的库存及车辆线路优化问题[4],他们建立的模型假设系统只有一个配送中心但并不持有库存;Ernst 和 Pyke(1993)讨论了客户随机需求的单配送中心单零售商的配送系统[5];Mason (2003)研究了供应链中的

收稿日期:2004-10-08
资助项目:国家自然科学基金(70271005);上海市基础研究重点项目(03JC14054)
作者简介:王亮(1964-),男,山东潍坊人,在读博士生,副教授.研究方向:系统工程与物流管理.Emal:qdlgwl @126.com.

仓库和运输的整合问题[6]，该文重点是研究如何根据运输的在途信息来减少装卸货的等待时间及如何减少处理费用而合理地进行作业.

本文主要讨论随机需求的多周期的分销系统的运输和库存整合优化问题. 本文假设单一配送中心负责为多个零售商供应单一货物，运输费用考虑车辆的启动费用并同时考虑车辆的行车线路，配送中心和零售商均持有库存且两级库存补充均采取周期订货策略.

2　模型描述及假设

考虑由一个分销中心(DC)和若干个零售商组成的两级分销系统. 配送货物为单一产品，分销中心用一容量为 Q 的车辆为诸零售商供货，而分销中心由制造商供货. 假设在零售商处的顾客需求是随机的且服从一定的概率分布，不同零售商之间及同一零售商不同时期之间的需求是独立的. 设两级库存补充均采取周期补货策略，补货时刻为周期末. 为区别起见，我们称分销中心两次补货之间的时间间隔为一个循环，而零售商两次可补货时刻之间的时间间隔为一个周期，并设分销中心的一个循环含 M(M 为整数)个零售商的补货周期. 对每一零售商 i 设定了两库存水平常数 U_i 及 L_i，每当于补货时刻，若零售商 i 被访问，则补货后的库存水平应达到 U_i，而若实际库存水平低于 L_i 则必须补货. 为简化计，设从分销中心到零售商的补货提前期为零，因为现在零售商的定购信息一般经电子媒介传输，此将允许即时的销售情况反映于定购数量中，并且从分销中心到零销商的运输往往可在一夜间完成. 另外假设分销中心有足够库存满足其一个循环所有零售商 M 个周期的前 $M-1$ 个周期的补货要求. 在零售商的第 M 个周期，补货于期末将直接由制造商经分销中心运至零售商，此时的运费不计. 我们的目标是确定对每一零售商何时进行补货、补货的数量以及车辆的行车线路，以使在一个循环内分销中心到零售商的运输费用与两级库存费用之和达到最小.

3　系统模型

根据以上对模型的描述及假设，下面我们建立该系统的数学模型.

设第 i 个零售商用 i 表示，$i\in R=\{1,2,\cdots,N\}$，分销中心(DC)用 0 表示，$R'=\{0,1,2,\cdots,N\}$表示车辆经过点的集合；运输及补货时刻用 t 表示，$t\in T=\{1,2,\cdots,M-1\}$；另外我们假设以下参数是已知的：

h_i：零售商 i 每个周期单位货物的存储费用，r_i：零售商 i 不能满足需求时的单位货物失销费用，λ_i：零售商 i 每周期的期望需求数量，α_i：零售商 i 需满足的客户服务水平，M：DC 的一个循环期内零售商补货的周期数，H：DC 每个周期单位货物的持有费用，以下讨论该系统在一个循环内的期望总费用.

首先讨论运输成本.

设 y_{ti}($t=1,2,\cdots,M-1$，$i=1,2,\cdots,N$)为第 t 个周期末由分销中心运向零售商 i 的运输量，

$$x_{tij}=\begin{cases}1 & \text{若第 } t \text{ 个周期末车辆从点 } i \text{ 开往到点 } j\\ 0 & \text{否则}\end{cases},\quad t=1,2,\cdots,M-1;\ i,j=0,1,2,\cdots,N;$$

则运输总费用为：

$$TTC=\sum_{t=1}^{M-1}\sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{N}c_{ij}x_{tij},\tag{1}$$

其中，c_{ij}为从点 i 到点 j 的运输成本，特别地，当 $i=0$ 时(代表车辆行驶起点为 DC)，$c_{0j}=c_0+c_1d_{0j}$，$j=1,2,\cdots,M$；当 $i=1,2,\cdots,N$ 时，$c_{ij}=c_1d_{ij}$，$j=0,1,2,\cdots,N$. c_0 为车辆启动成本，c_1 为车辆行驶单位里程成本，d_{ij}为从 i 点到 j 点的里程.

其次考虑零售商的库存费用.

由于假设市场对零售商 i 不同周期的需求是独立同分布的，设 ξ_{ti}为在周期 t($t\in T$)内市场对零售商 i 的需求量，则 $\xi_{ti}=\xi_i$，记其分布函数为 $F_i(\cdot)$. 我们以一周期的期初库存量与期末期望库存量的平均值作为平均库存水平，若记第 t 周期期初的库存水平为 s_{ti}(其中 $s_{1i}=U_i$，其他待求)，则第 t 周期内的平均库存

水平约为：$\left[s_{ti} + \int_0^{s_{ti}} (s_{ti} - x)\, dF_i(x) \right] / 2$，而平均缺货水平为：$\int_{s_{ti}}^{\infty} (x - s_{ti})\, dF_i(x)$.

于是 M 个周期增加的库存保管费及缺货损失费为：

$$TIC = \sum_{t=1}^{M} \sum_{i=1}^{N} ((h_i - H)(s_{ti} + \int_0^{s_{ti}} (s_{ti} - x)\, dF_i(x))/2 + r_i \int_{s_{ti}}^{\infty} (x - s_{ti})\, dF_i(x)\, dx). \tag{2}$$

综合以上两部分费用，我们得到运输和库存联合问题的数学模型如下：

求 $x_{tij}(t = 1,2,\cdots,M-1, i,j = 0,1,2,\cdots,N)$，$y_{ti}(t = 1,2,\cdots,M-1, i = 1,2,\cdots,N)$，使得

$$\min TC = \sum_{t=1}^{M-1} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} c_{ij} x_{tij} + \sum_{t=1}^{M} \sum_{i=1}^{N} ((h_i - H)(s_{ti} + \int_0^{s_{ti}} (s_{ti} - x)\, dF_i(x))/2 + r_i \int_{s_{ti}}^{\infty} (x - s_{ti})\, dF_i(x)). \tag{3}$$

$$\text{s.t.}\begin{cases}
\sum_{i=1}^{N} y_{ti} \le Q, & t = 1,2,\cdots,M-1 \\
s_{1i} = U_i, & i = 1,2,\cdots,N \\
s_{ti} = (s_{(t-1)i} - \xi_{(t-1)i}) \vee 0 + y_{(t-1)i}, & t = 2,3,\cdots,M-1; i = 1,2,\cdots,N. \\
\qquad\qquad \text{其中} \vee \text{表示}\ s_{(t-1)i} - \xi_i\ \text{与}\ 0\ \text{的较大者}. & \\
s_{ti} = (s_{(t-1)i} - \xi_{(t-1)i} \cdot iszero(y_{(t-1)i}) + U_i \cdot (1 - iszero(y_{(t-1)i})), & \\
\qquad\qquad t = 1,2,\cdots,M-1; i = 1,2,\cdots,N & \\
\Pr\{s_{ti} \ge \xi_{ti}\} \ge \alpha_i, & t = 2,3,\cdots,M-1; i = 1,2,\cdots,N \\
s_{ti} \ge L_i, & t = 2,3,\cdots,M-1; i = 1,2,\cdots,N \\
y_{ti} = y_{ti} \sum_{j=0}^{N} x_{tji}, & t = 1,2,\cdots,M-1; i = 1,2,\cdots,N \\
\sum_{j=0}^{N} x_{tij} = \sum_{j=0}^{N} x_{tji}, & t = 1,2,\cdots,M-1; i = 0,1,2,\cdots,N \\
\sum_{i\in R} \sum_{j\in R} x_{tij} \le |R| - 1, & t = 1,2,\cdots,M-1; R \subseteq \{1,2,\cdots,N\} \\
x_{tij} = 0,1, & t = 1,2,\cdots,M-1; i,j = 0,1,2,\cdots,N \\
y_{ti}\ \text{为正整数}, & t = 1,2,\cdots,M-1; i = 1,2,\cdots,N
\end{cases}$$

其中，函数 $iszero(x)$ 表示若 $x = 0$，则其值为 1，否则为零. 注意在此模型的任一时刻 $t \in \mathrm{T} = \{1,2,\cdots,M-1\}$，允许 $\sum_{j=1}^{N} x_{t0j} = \sum_{j=1}^{N} x_{tj0} = 0$，即实际没有派出车辆，对应 $y_{ti} = 0$，于是对任一零售商 i 在 t 时刻不进行补货；第九个约束保证了行车线路的可行.

解此规划问题的困难首先在于对每一零售商 i 任一补货时刻 $t(t \in \mathrm{T})$ 的补货数量 y_{ti} 既要受前期库存量及补货量的影响，又决定于本周期不确定的需求量. 即使不计这些随机因素，只考虑单一确定时刻满足确定需求的运输问题即变为著名的旅行商问题(TSP)，这已是一典型的 NP 难题. 所以对此问题直接进行求解是困难的，我们转而探求该问题的启发式解法.

4　启发式算法

对每一零售商 i 给定了第一个周期的期初库存量 s_{1i}，经过一个周期的客户随机需求，在第一个周期末我们即可根据剩余库存量来决策是否应补货及补货的数量. 但我们应注意此时刻的决策不仅要考虑对本零售商第二及以后各个周期在内的整个运输及库存费用，还要考虑与其他零售商补货运输及库存费用的相互影响. 首先我们考虑不涉及其他零售商时的简单情况.

在第一周期末(对应 $t = 1$)进行决策时应考虑的实际是基于当前状态的可估计的最优全局策略. 因为发生于此后每个周期的实际需求是不确定的，我们暂以其期望需求代替其实际需求、以期望库存费用代替

实际库存费用来进行决策. 但由于发生于第二周期的实际需求是随机的,甚至会与我们事先的估计有很大的差距,故对于不确定型的该库存线路问题我们难以在循环起初就完全确定整个过程的控制策略,所以在 $t=1$ 时刻制定的策略在 $t=2$ 时刻需要进行调整或重新决策,于是在 $t=2$ 时刻我们应以此时的实际库存剩余量作为决策依据,同 $t=1$ 的计算方法相同,进行新一轮的分析以求得 $t=2$ 时刻的运输及库存控制策略. 以此类推,直至 $t=M-1$. 所以我们的补货及运输的决策点分别在第1周期末,第2周期末, …,第 $M-1$ 周期末,分别记以 $t=1,2,\cdots,M-1$. 我们将分别确定出 t 时刻补货的零售商集合 $R_t(R_t\subseteq R$,同时用 R_t 中元素的先后顺序来表示车辆的行车线路) 及零售商 $i(i\in R_t)$ 的补货数量 zw_{ti}.

一般地,考虑在 $t(t\in T=\{1,2,\cdots,M-1\})$ 时刻,设零售商 i 补货前库存量为 I_{tj}(即第 t 周期的实际剩余库存量),根据我们的库存控制策略,若 $I_{ti}<L_i$,则在该时刻必须为零售商 i 安排运输及补货,若 $I_{ti}\geq L_i$,则在该时刻可安排或不安排运输,其最后决策要从全局最优来考虑.

构造一非循环网络 $G_{ti}(V_{ti},A_{ti},W_{ti},P_{ti})$,其中 $V_{ti}=\{t_0,t,t+1,t+2,\cdots,M-1,M\}$, t_0 是我们虚拟的 t 以前的补货时刻,作为求最短路径的起点. A_{ti} 为 G_{ti} 的弧集, $a_{mn}\in A_{ti}$ 意味着在 m 时刻补货后在 n 时刻以前不补货是可行的 $(m,n\in V_{ti},m<n)$; $w_{mn}\in W_{ti}$ 是弧 a_{mn} 的载量权重,为在 m 时刻补货后直到 n 时刻补货时的补货量; $p_{mn}\in P_{ti}$ 为弧 a_{mn} 的费用增量权重,用于此后 t_0 到 H 最短路的确定, $p_{mn}=IC_{mn}+TC_{mn}$,其中 IC_{mn} 为在 m 时刻补货后直到 n 时刻补货发生的库存费用增量, TC_{mn} 为在 n 时刻增加运输量 w_{mn} 的运费增量. 此时若我们可求得从 t_0 到 H 的最短路,则该最短路长度之值即为 t 时刻及其此后零售商 i 的期望最小费用,该路径上的点即为拟定的补货时刻,于是我们可确定出此时零售商 i 的最优补货策略.

在上面的分析中我们已注意到在 t 时刻对零售商 i 运输与库存最优库存策略的确定是受影响于被处理次序的,很可能地,较早地被处理或更晚地被处理会得到不同的决策结果,所以我们在特定处理顺序下得到的解不一定就是我们的满意解. 于是我们还有必要对我们已求得的可行解进行改进,以探求更理想之解.

根据以上分析,我们将确定 $t(t\in T=\{1,2,\cdots,M-1\})$ 时刻运输与库存决策的启发式算法具体描述如下:

4.1 零售商 i 每周期期初最低库存量 L_i 及库存上限 U_i 的确定

零售商 i 每周期期初最低库存量 L_i 主要考虑满足本周期的客户服务水平,由 $\Pr\{L_i\geq\xi_i\}\geq\alpha_i$,于是 L_i 可根据分布函数的定义式 $F_i(L_i)=\alpha_i$ 直接求得.

库存上限 U_i 主要考虑运输费用与存储费用的关系. 事实上,每当发生一次运输,其主要费用为车辆行驶来的行驶线路费用,因增加货物而增加的运输费用我们往往忽略不计. 设 pc_i 为从配送中心运到零售商 i 单位货物的平均运费(该参数值可由历史数据统计得到),若 $(h_i-H)>pc_i$,则即使本次配送没有运费而提前运到零售商处存放也是不经济的,反之则可视情况决定 U_i:

$$U_i=[INT(pc_i/(h_i-H))+1]\cdot L_i.$$

4.2 确定优先考虑顺序

对所有零售商按 $(I_{ti}-L_i)/\lambda_i$ 非降的次序进行重新排序、编号并按此顺序确定初始可行解.

4.3 确定初始可行解

以下用 TC_t 表示 t 时刻及其以后的总费用, R_n 记 n 时刻补货的零售商集合, TW_n 表示 n 时刻车辆已装载的总数量. 首先初始化,令 $TC_t=0$; $R_n=\Phi$, $TW_n=0(n=t,t+1,\cdots,M-1)$.

for $i=1$ to N

令 $zw_{ni}=0$ ($n=t,t+1,\cdots,M-1$. zw_{ni} 表示零售商 i 在 n 时刻的装载量)

执行指派零售商 i 一可行配送方案的配送指派子程序 PSZP(i,I_{ti}).

4.4 可行解的改进

for $i=1$ to N

for $j=N$ to 1 $(j\neq i)$

令 $\overline{TC_t} = TC_t$；$\overline{R_n} = R_n$ $\overline{TW_n} = TW_n (n = t, t+1, \cdots, M-1)$.

执行删除子程序 DELETE(i) 与 DELETE(j) 将访问零售商 i 与 j 的任务去掉，然后先执行配送指派子程序 PSZP(j, I_{tj}) 再执行 PSZP(i, I_{ti})，先后将 j 与 i 的任务添上，对由此得到的新总费用 TC_t，若 $\overline{TC_t} < TC_t$，则令 $TC_t = \overline{TC_t}, R_n = \overline{R_n}, TW_n = \overline{TW_n}, zw_{ni} = \overline{zw_{ni}} (n = t, t+1, \cdots, M-1; i = 1, 2, \cdots, N)$.

以上两层循环结束，我们最后得到的 TC_t 及相应库存及运输策略即为由本算法所得到的解. 特别地，R_t 即为 t 时刻的车辆行驶线路，zw_{ti} 为 t 时刻零售商 i 配送的产品数量.

配送指派子程序 PSZP(i, I_{ti})

构造以上定义的非循环网络 $G_{ti}(V_{ti}, A_{ti}, W_{ti}, P_{ti})$. 由确定的 I_{ti}，我们从 t_0 开始到 $M-1$，首先依次给出各点到后点可能存在的弧 $a_{mn}(a_{mn} \in A_{ti}, m, n \in V_{ti}, m < n)$ 及其权重，下面以 BI 记弧 a_{mn} 对应的起始库存量，β 记起始库存量为 BI 时不用补货可维持大约最多的周期数.

若 $m = t_0$，令 $BI = I_{ti}$，否则 $BI = U_i$.

令 $\beta = INT(BI/L_i)$，若 $\beta = 0$，对应 $m = t_0$ 且有 $I_{ti} < L_i$，则在 t 时刻车辆必须访问零售商 i，故 n 只能取 t，我们设 $t - t_0 = 0$. 若 $\beta > 0$，则 n 可取 $m+1, m+2, \cdots, m+\beta$. 首先弧 a_{mn} 对应的库存费用增量为：

$$IC_{mn} - ((h_i - H)\left(\int_0^{BI}(BI - x)\, dF_i^{(n-m)}(x) + r_i \int_{BI}^{\infty}(x - BI)\, dF_i^{(n-m)}(x)\right)(n - m).\ n \leq M,$$

其中 $F_i^{(n-m)}(x)$ 为 $n - m$ 个周期内市场对零售商 i 随机需求量的分布函数.

其次考虑运费增量 TC_{mn}. 若 $n = M$，则有 $w_{mn} = 0$，否则令 $w_{mn} = U_i - BI + (n - m) E\xi_i$.

令 $R_{mn} = R_n$, $TW_{mn} = TW_n + w_{mn}$.

若 $TW_{mn} > Q$ 则 $TC_{mn} = \infty$.

若 $R_n = \Phi$ 则 $R_{mn} = \{0, i, 0\}$, $TC_{mn} = c_0 + 2c_1 d_{0i}$.

否则选择 k^*，使得 $d_{k^*i} + d_{i,\mathrm{next}(k^*)} - d_{k^*,\mathrm{next}(k^*)} = \min\limits_{k \in R_n}\{d_{k,j}\} + d_{i,\mathrm{next}(k)} - d_{k,\mathrm{next}(k)}$，在原 R_n 中的 k^* 与 next(k^*) 中间将 i 插入，得到 $R_{mn} = \{\cdots, k^*, i, \mathrm{next}(k^*), \cdots\}$，并令 $TC_{mn} = (d_{k^*i} + d_{i,\mathrm{next}(k^*)} - d_{k^*,\mathrm{next}(k^*)}) C$.

于是对上面构造出的非循环网络 $G_{ti}(V_{ti}, A_{ti}, W_{ti}, P_{ti})$，其每条弧 a_{mn} 的费用增量权重我们已可求出：$p_{mn} = IC_{mn} + TC_{mn}$. 于是我们可求得从 t_0 到 M 的最短路 p_{ti}（如采用 Dijkstra 算法[7]）及其长度 PTC_{ti}，并令 $TC_t = TC_t + PTC_{ti}$，该最短路径上的点集 T_{ti}（去掉 0 与 M 点）即为零售商 i 初步确定的补货时刻，并对每一点 $n \in T_{ti}$，修改车辆访问的零售商集合、车辆载重总量及对零售商的配送数量，即令 $R_n = R_{mn}$, $TW_n = TW_{mn}$, $z_{ni} = w_{mn}(\exists a_{mn} \in p_{ti})$.

删除子程序 DELELE(k)

令 $TC_t = TC_t - PTC_{ti}$

for $n = t, t+1, t+2, \cdots, M-1$

若 $\{k\} \in R_n$，则令 $R_n = R_n - \{k\}$（特别地，若 $R_n = \{0, k, 0\}$，则令 $R_n = \Phi$）；$TW_n = TW_n - zw_{ni}$.

5　算例

当 N 个零售商的需求特点不同时，表述及计算要相对繁琐一些. 以下我们只就 N 个零售商的需求特点相同时分别就正态分布和泊松分布两种情况来进行求解. 首先我们将具体设定的各参数值列于表 1 的前十列，N 个零售商的位置（横、纵坐标）在区间 $[-200, 200]$ 上随机产生，不妨设配送中心位于原点 $(0,0)$，并假设交通网络是完全连通的，若两零售商 i 与 j 已生成的的位置分别为 (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j)，则两零售商之间的距离 $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$. 我们已将上面给出的算法用 MATLAB6.5 编程，通过确定每一可补货时刻的运输与库存决策，得出一个循环总的运输与库存费用 TC 见表 1 第十一列. 为分析本文给出的运输与库存整合优化算法的有效性，我们另外假设运输与库存决策是分离的，即物流企业的运输服务由社会提供，则零售商的运费仅与货物数量有关而与车辆行驶线路无关，故将其相应的库存策略调整为零售商在每一周期的期末补货至最优水平 s^*；对运输公司而言，在每一周期的期末对每一零售商的补货数量是确

定的,于是可确定出配送决策.我们可注意到,在此我们得到的这两个问题(s^*的求解及线路优化)实际为本文研究问题的两子问题,于是同样可分别进行求解,我们将由此计算出在此补货策略下的一循环内的运输与库存总费用 TC 并列于表 1 的第十三列,最后经比较我们看出,本文给出的运输与库存整合优化启发式算法较分别优化算法节省费用约 7.8 %,所得结果为多次随机模拟计算出的平均值.

表 1 算例的参数值和启发式解的结果

分布 \ 参数	N	c_0	c_1	r	h	α	M	Q	H	TC	s^*	TC'	$\frac{TC'-TC}{TC'}$
$X_i \sim N(\mu_i, \sigma_i^2)$ $\mu_i = 50, \sigma_i^2 = 300$	30	80	2.9	9.6	5.2	0.85	4	1900	3.1	28246	61	30579	7.67 %
$X_i \sim P(\lambda_i)$ $\lambda_i = 6$	30	150	3.5	57	23.7	0.9	3	200	12.3	20184	8	21920	7.92 %

6 结论

以上我们对采取周期补货策略且终端客户需求为不确定的二级分销系统,给出了运输与库存整合优化的一启发式算法,并分别就连续型的正态分布和离散型的泊松分布两种情况进行了具体的计算.结果表明,本文给出的启发式算法是比较有效的.事实上,本文所给出的算法对服从其他销售规律的客户随机需求也是同样适用的.另外本文为简化计,对本问题的讨论假设订货提前期为零.若对运输和库存的整合优化研究同时考虑到订货的提前期,则问题将变得更复杂,可作为进一步研究的问题.

参考文献:

[1] Ronald H. Ballou. 企业物流管理-供应链的规划、组织和控制[M]. 王晓东等译. 北京:机械工业出版社,2002,104 - 125.
Ronald H. Ballou. Business Logistics Management-Planning, Organizing and Controlling in the Supply Chain[M]. Beijing: China Machine Press, 2002,104 - 125.

[2] Harris F W. How many parts to make at once[J]. Factory, The Magazine of Management, 1913,10:135 - 136, Reprinted in Operations Research, 1990, 38: 947 - 950.

[3] Burns L D, Hall R W. Distribution strategies that minimize transportation and inventory costs[J]. Operation Research, 1985, 33: 469 - 490.

[4] Anily S, Federgruen A. One warehouse multiple retailer systems with vehicle routing costs[J]. Management Science, 1990, 36:92 - 144.

[5] Ernst R, Pyke D F. Optimal base stock Policies and truck capacity in a two-echelon system[J]. Naval Research Logistics, 1993, 40:879 - 903.

[6] Mason S J. Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain[J]. Transportation Research, 2003, 39E: 141 - 159.

[7] Dijkstra E W. A note on two problems in connection with graphs[J]. Numerische Mathematik, 1959,1:269 - 271.