

第 2 章 库存管理与风险分担

【本章学习目标及要求】

- 理解供应链中的库存，为什么持有库存以及如何管理库存；
- 掌握单阶段库存控制模型
 - 1、EOQ 经济批量模型；
 - 2、需求不确定性的影响；
 - 3、单期模型；
- 掌握多次订货模型
 - 1、持续检查策略；
 - 2、定期检查策略；
- 理解风险分担
 - 1、风险分担的关键点；
 - 2、集中化与分散化系统。

案例分析：Steel Works 公司库存管理

Steel Works 公司是一家生产定制和特殊用途钢材的制造商，1993 年的销售额是 4 亿美元。它是于 1980 年由三名优秀的材料科学家创办的，公司的两个部门分别生产特种产品和定制产品，是各自独立和截然不同的业务。

定制产品：定制产品从产品研发到最终交付的过程中，公司一直与客户保持密切联系。定制产品研发部拥有世界上最好的科学家和工程师，设计出使客户产品功能更好的金属。当产品不再具有先进性时，定制部门将与客户谈判，以允许公司将产品以高于市场水平的价格卖给其他人。定制产品部门现有 3 个生产基地，且分别位于 3 大研发中心的方圆几英里范围内，用来服务美国西部、中部和东部的客户，这些客户被分配到专门的工厂和研发中心。Steel Works 运营着工厂附近的几家仓库。

特种产品：公司 67% 的销售收入来自特种产品部门，但特种产品部门却因为仓库没有钢材交货而受到责备，这是工厂的错。特种部门现有 3 个工厂，生产 6 种不同的产品线，高度依赖物流网络在全国配送产品。

公司销售额下降了 30%，但成本却增加了 25%，许多客户打电话来投诉，公司物流负责人已焦头烂额。且公司 80% 的产品都属于高度不稳定需求类别，需求预测工具作用不大。

专家给出的建议是：1、集中生产利润高、批量大的产品，停止生产利润低、

销量小的产品；2、使用统计预测程序包来预测需求；3、减少仓库意味着更低的库存和成本。

讨论问题：

- 1、公司该如何处理顾客需求剧烈变动？
- 2、提前期和提前期可变性对库存水平的影响？
- 3、什么方法可以用来预测未来的需求？

2.1 引言

2.1.1 供应链中的库存形式

供应链一般由供应商、制造商、零售商和配送中心等组成，这意味着库存在供应链中存在着以下几种形式：原材料库存，在制品库存和成品库存。

每种形式的库存需要不同的库存控制机制，然而确定这些机制很难，因为必须考虑供应链不同层次之间的相互影响来确定有效的生产、配送和库存控制策略，从而降低系统成本，改善服务水平。

2.1.2 库存持有的原因

（1）顾客需求的不确定性

越来越多的产品生命周期缩短，这意味着很多历史数据将作用有限；市场上许多有竞争性产品的出现导致需求波动；

（2）供应的数量、质量、供应成本和交货时间存在显著的不确定性；

（3）提前期；

（4）规模经济效益促使企业大批量运输，因而持有大量库存。

2.1.3 有效的库存管理策略需考虑的因素

（1）顾客需求

（2）补货提前期

（3）产品

（4）计划期的长度

（5）成本

总成本包括订货成本和库存持有成本。订货成本一般包括两部分，产品购买成本和运输成本。库存持有成本主要包括各类税和保险，维护保养费用，过期成

本和机会成本。

(6) 服务水平

2.2 单阶段库存控制模型

2.2.1 经济批量模型

经典的经济批量模型于 1915 年提出，尽管是一个简单的模型，但却说明了订货成本和存储成本只记得权衡。模型的假设如下：

- (1) 需求速度是恒定的，每天需求 D 件产品；
- (2) 订货批量每次固定订货 Q 件；
- (3) 仓库每次订货都有一个固定成本（准备成本 K ）；
- (4) 保管每单位库存的单位时间成本为 h ；
- (5) 提前期为零，初始库存为零，计划期无限长。

为了在经济批量模型中找到最优订货策略，我们考虑库存水平是时间的函数，见图 2-1，这是所谓的锯齿状库存模式。相邻两次补货之间的时间间隔为一个周期，因此整个周期 T 内的库存总成本为：

$K +$ ， K 为每次订货的固定成本，而库存持有成本可以看成是单位产品在单位时间持有成本 h 和平均库存 $Q/2$ 及周期 T 的乘积。

由于库存水平在周期 T 内由 Q 向 0 变化，单位时间的稳定需求为 D 件，因此 $Q=TD$ 。我们可以将成本除以 T ，并将 T 用 Q/D 替换，可得单位时间的总平均成本为：

，

应用简单的微积分，很容易得到使成本最小的解对应的订货量 Q^* ：

$Q^*=$ 。

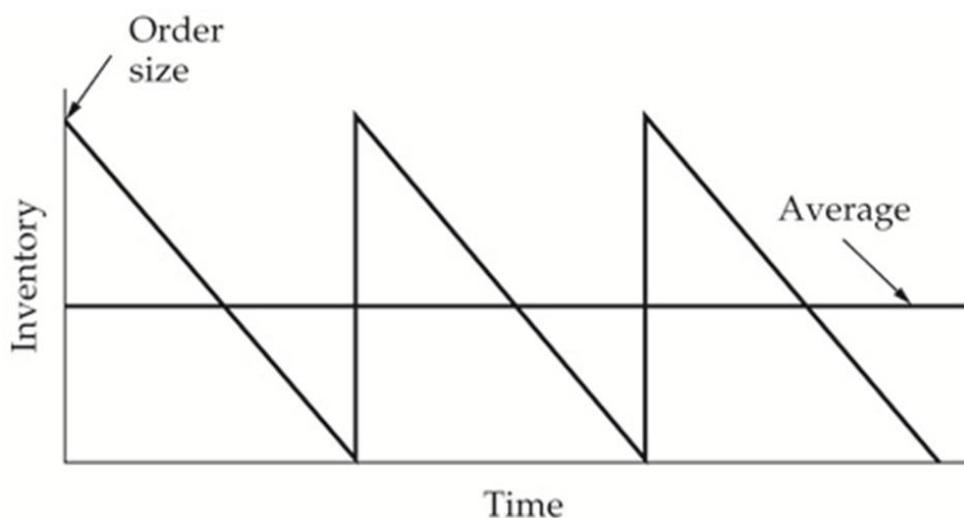


图 2-1 随时间变化的库存水平

通过这个简单的模型可以发现这个模型的两个重要特点：

(1) 最优策略平衡了单位时间库存持有成本和单位时间准备成本。实际上单位时间准备成本为 KD/Q ，单位时间持有成本为 $hQ/2$ ，如图 2-2 所示。因此增加订货批量会增加单位时间持有成本，同时会减少单位时间准备成本。最优订货批量在单位时间准备成本和单位时间持有成本的相交点上。

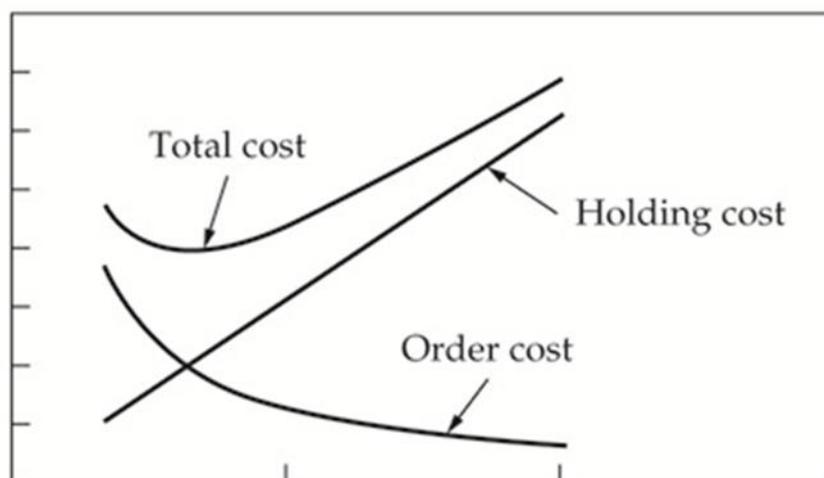


图 2-2 库存总成本

(2) 总库存成本对于订货批量并不敏感。也就是说，改变订货批量对年准备成本和库存持有成本的影响不大。

2.2.2 需求不确定性的影响

经济批量模型说明了准备成本和持有成本之间的权衡，但是忽略了需求的不确定性和预测问题。对于所有预测需要记住以下原则：

- (1) 预测永远是不准确的；
- (2) 预测的期限越长，预测误差越大；
- (3) 综合预测更准确。

上述原则中，第一条意味着供应和需求很难匹配，第二条意味着顾客的长期需求更难以预测，例如预测需求期限长达 12-18 个月，第三条指出，预测一个产品系列内的总需求比预测单一产品需求容易许多。

2.2.3 单期模型

为了更好的理解需求不确定性的影响，我们考虑一系列更详细和复杂的情形，例如考虑一种生命周期非常短的产品，因此公司只有一次订货机会。在需求产生之前，公司必须决定库存量以便能满足需求。如果库存过多，则会消耗过多成本。

案例分析

考虑一个设计、生产并销售夏季时尚服饰（如泳装）的公司。在夏季到来 6 个月前，公司必须确定其所有产品的生产数量。由于没有明确的迹象表明市场会对新的设计产生什么反应，公司需要使用不同的工具来预测每种款式的需求，并计划相应的生产和供应量。在这种情况下，需要进行的权衡就很清楚了：过高估计顾客需求会导致销售不掉所增加的库存，过低的库存会导致缺货并失去潜在顾客。为了辅助这些管理决策，市场管理部门使用过去五年的历史数据，结合当前的经济状况和其他因素来构建泳装需求的概率预测。基于可能的天气模式和竞争者的行为，他们已经为将要到来的夏季确定了几种可能的销售情景，并为每种情景设定了概率或发生的几率。例如，市场部门相信销售 8000 件的情景发生几率为 11%；其他情景有不同的销售量，分别有不同的发生概率。这些情景在图 2-3 中将详细说明。

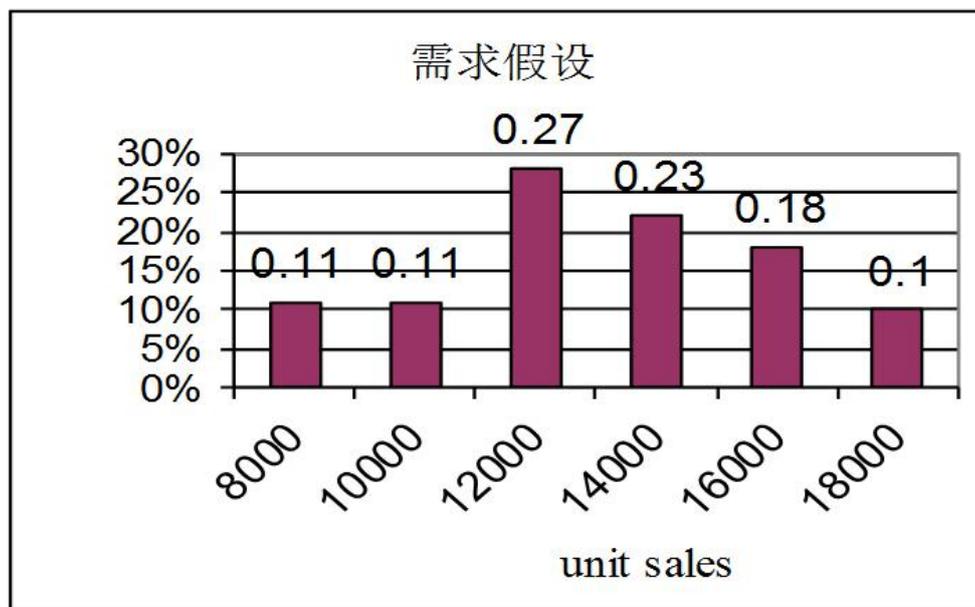


图 2-3 销售量及概率预测

这些概率预测的平均需求为 13000 件，但是实际需求可能大于或小于平均需求。我们还有以下数据：

- 为了开始生产，制造商必须先投资 10 万美元，该投资与要生产的数量无关，被称为固定生产成本。
- 可变生产成本为每件 80 美元。
- 在夏季每件泳装的售价为 125 美元。
- 任何在夏季不能被售出的泳装都将在折扣店以 20 美元的价格销售，我们称之为残值。

为了确定最优的生产数量，公司需要了解生产数量、顾客需求和利润之间的关系。假定制造商生产 10000 件，而最后需求是 12000 件。显而易见，利润等于夏季的销售收入减去可变生产成本和固定生产成本。也就是：

$$\text{利润} = 125 \times 10000 - 80 \times 10000 - 100000 = 350000$$

另一方面，如果公司生产 10000 件泳装，而需求只有 8000 件，利润则等于夏季销售收入加残值减去可变生产成本和固定生产成本。也就是：

$$\text{利润} = 125 \times 8000 + 20 \times 2000 - 80 \times 10000 - 100000 = 140000$$

注意，需求为 8000 件的概率为 11%，而需求为 12000 件的概率为 27%。因此生产 10000

泳装产生 350000 美元利润的概率为 27%，产生 140000 美元利润的概率为 11%。

同样，可以计算出每种给定情景下生产 10000 件泳装的利润，具体结果如表 2-1 所示。这时我们可以确定生产 10000 件的期望（或平均）利润。这个期望利润就是所有情景的利润分别乘以各情景对应的概率相加而成，即期望利润=。

表 2-1 各情景下生产 1000 件泳装的利润

需求	需求概率	利润	利润*概率
8000	0.11	140000	15400
10000	0.11	350000	38500
12000	0.27	350000	94500
14000	0.23	350000	80500
16000	0.18	350000	63000
18000	0.1	350000	35000
TOTAL (sum)			326900

当然，我们会找到平均利润最大时的订货批量。图 2-4 给出了作为产量函数的平均利润，图中显示最优生产量大约为 12000 件。



图 2-4 作为产量函数的平均利润

有意思的是，期望利润最大时的订货量不一定等于平均需求。事实上，在本案例中，期望利润最大化的订货量是 12000 件，而平均需求是 13000 件。

那么最优生产批量和平均需求之间存在什么关系？最优订货量是等于、大于还是小于平均需求？

为了回答这个问题，我们将计算额外生产一件泳装的边际利润和边际成本。如果这件泳装是在夏季销售，则边际利润是每件售价与生产泳装的单位可变成本之差，等于 45 美元；如果额外生产的泳装不能在夏季销售，则边际成本是 60

美元。因此，在销售季节这件多生产的泳装没有售出的成本大于售出所获得的利润，于是最优生产批量小于平均需求。

图 2-4 绘出了作为产量函数的平均利润。图中显示最优生产量，或者说是平均利润最大的生产批量大约为 12000 件。图中还显示了生产 9000 件或生产 16000 件会有相同的平均利润 294000 美元。如果出于某种原因，我们必须在 9000 件和 16000 件之间选择，我们该选择多少？

为了回答这个问题，我们需要更好地理解与特定决策相关的风险。出于这个目的，我们构造了一个频率直方图（见图 2-5），它提供了有关 9000 件和 16000 件两种给定产量的潜在利润。例如，考虑产量为 16000 件时的利润。图中显示利润的分布并不是对称的。损失 220000 美元的概率为 11%，获得至少 410000 美元利润的概率为 50%。另一方面，频率直方图中，产量为 9000 件时只有两种可能的产出。利润为 200000 美元的概率是 11%，利润为 305000 美元的概率是 89%。因此，虽然生产 16000 件和 9000 件具有同样的平均利润，但当我们增加产量后，可能的风险和汇报都会增加。

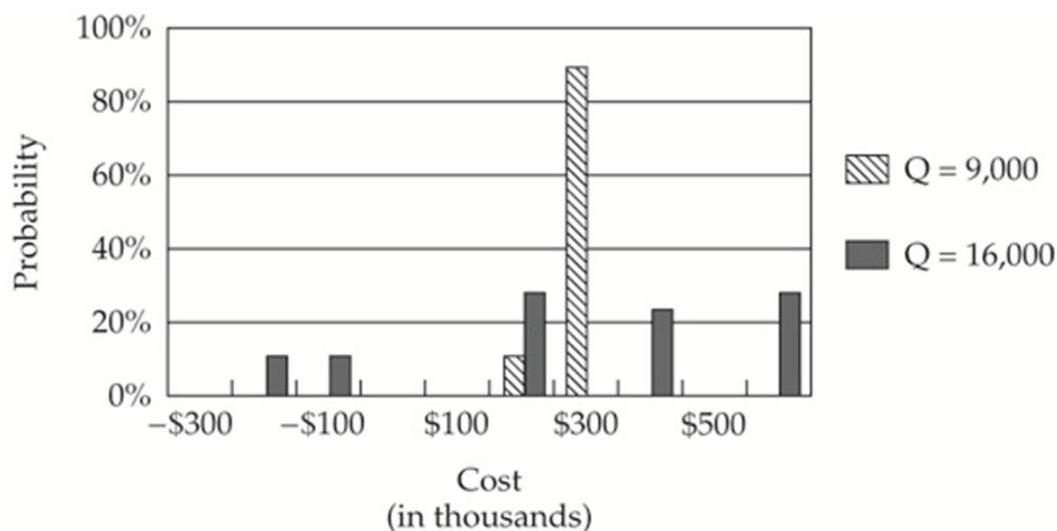


图 2-5 利润的频率直方图

2.3 多次订货模型

例如，考虑一个电视机分销商。分销商面对随机的产品需求并向制造商订货。当然，制造商不能立即满足分销商的订单——无论分销商何时发出订单都需要一个固定的交货提前期。由于需求是随机的，而且制造商有一个固定的交货提前期，所以即便没有订货准备成本，分销商仍需要持有库存。经销商持有库存的原因有

三个：

1. 为了满足提前期内发生的需求。由于订货不可能立即满足，因此手头必须有一定的库存，来满足从订单发出到收到订货之间的顾客需求。

2. 为了防止需求的不确定性。

3. 平衡年库存持有成本和年订货固定成本。我们已经看到，越频繁的订货导致越低的库存水平，因而可降低库存持有成本，但导致了更高的年订货成本。

虽然这些问题直觉上很清楚，但经销商应该应用的具体库存策略并不简单。为了有效地管理库存，经销商需要决定何时订购以及订购多少。我们将对以下两种策略进行区分：

(1) 持续检查策略

在这种策略中，库存每天都要检查，当库存达到特定水平或订货点时就下达订单，并做出是否订购和订购多少的决策。

(2) 定期检查策略

在这种策略中，库存水平的检查隔一固定时期进行一次，每次检查以后确定合适的订购数量。

2.3.1 持续检查策略

我们做以下假设：

(1) 每日需求是随机的，但满足正态分布。换言之，我们假定每日需求的概率预测符合众所周知的钟形正态分布曲线。注意，我们可以通过平均值和标准差对所预测的正态分布进行全面的描述。

(2) 分销商每次向制造商订购产品，需要支付一个固定的成本 K ，再加上与订购数成比例的费用。

(3) 库存持有成本根据单位时间保管单位库存的费用计算。

(4) 库存水平的检查在每天结束时进行，如果发出一个订单，订货经过固定提前期后到达。

(5) 如果顾客订单到达时，手头无库存满足顾客需求(如经销商已经断货)，这笔订单就会失去。

(6) 分销商规定一个必需的服务水平。服务水平是提前期中不出现缺货的概率。例如，分销商希望确保提前期内能至少满足 95% 的顾客需求。因此，这里

服务水平为 95%。

为了描述分销商使用的库存策略，我们需要以下信息：

AVG=对分销商的平均日需求

STD=对分销商日需求的标准差

L=从供应商到分销商的补货提前期（天数）

h=分销商持有单位库存一天的成本

α =服务水平，即缺货的概率为 $1-\alpha$

另外，我们需要定义库存状况(inventory position)的概念。任何时刻的库存状况就是仓库的实际库存加上分销商未到的订货减去缺货量。

为了描述分销商将采用的策略，回想我们在前面定义的 s 和 S ，重新订货点和最大库存水平。这个案例中一个有效的库存策略是 (s, S) 策略，其中 S 和 s 之间的差距受固定成本影响。但是，在这个案例中，无论何时库存状况跌至 s 水平以下，分销商都会发出订单以使库存状况上升到 S 水平。对于持续检查模型，我们采用比较简单的方法，这个方法称为 (Q, R) 策略——无论何时库存降到订货点 R ，订购 Q 单位产品。

订货点 R 由两部分组成，首先是提前期内的平均库存水平，它是日平均需求与提前期的乘积。这确保了当分销商发出订单后，系统有足够的库存来满足提前期内的期望需求。提前期内的平均库存需求为：

$$L*AVG$$

第二个部分代表安全库存，是分销商需要在仓库和途中保存，以防止提前期内需求偏离平均值的库存数量。这个数量由下式计算：

$$z*STD*$$

其中： z 是一个常数，称为安全系数，这个常数与服务水平相关。因此，重新订货水平 s 等于：

$$L*AVG+ z*STD*$$

安全系数 z 从统计表中选择，以确保在提前期的缺货概率为 $1-\alpha$ 。这意味着重新订货水平必须满足：

$$\text{prob}\{\text{提前期需求} \geq L*AVG+ z*STD*\}=1-\alpha$$

表 2-2 提供了满足不同服务水平 α 的一系列 z 值。

表 2-2 服务水平和安全系数 z

服务水平	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	99.9%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
z	1.29	1.34	1.41	1.48	1.56	1.65	1.75	1.88	2.05	2.33	3.08

订货量 Q 是多少呢？前面所叙述的经济批量模型对于这个模型是很有效的。经济订货批量的公式计算如下：

$$Q^* =$$

如果顾客需求没有变化，无论何时，当库存水平在 $L \cdot \text{AVG}$ 时，分销商将订购数量 Q 的产品，因为需要花 L 天才能收到订货。但是，需求存在着变动，因此当库存状况下降到重新订货水平 s 时，分销商发出批量为 Q 的订单。因此最大库存水平为：

$$S = Q + s$$

图 2-6 说明实施这种策略时，库存水平随时间的变化。那么平均库存水平有多少呢？可以看到，在两次相邻订单之间，最小库存水平就在订货到来前一刻，而最大库存水平则是在订货到达之时。在收到订货前的期望库存水平为安全库存：

$$z \cdot \text{STD}^*$$

而订货到达之际的期望库存水平为：

$$Q + z \cdot \text{STD}^*$$

因此，平均库存水平为前面两个值的平均，等于：

$$Q/2 + z \cdot \text{STD}^*$$

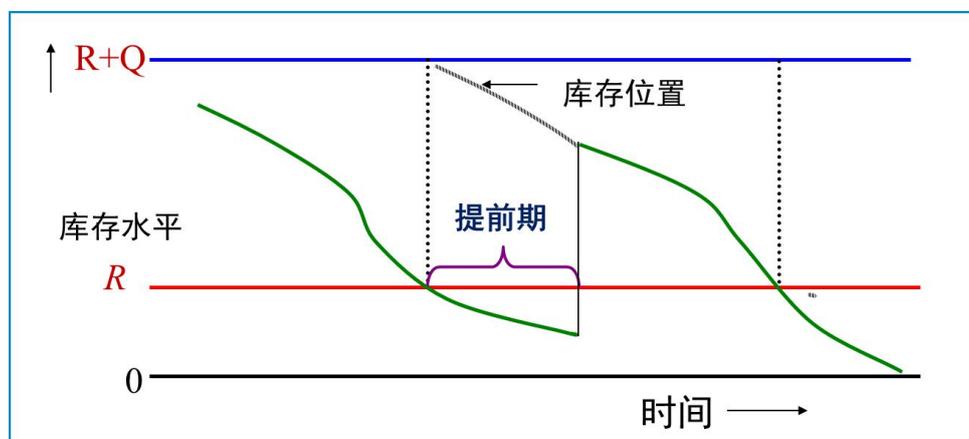


图 2-6 (Q, R) 策略中随时间变化的库存水平

练习题

假定电视机分销商试图针对仓库中某型号的电视机制定库存策略。假定无论何时，分销商发出电视机的订单，都需要支付一笔订货固定成本 4500 美元，这个成本与订货批量无关。分销商购买每台电视机的成本为 250 美元，平均库存持有成本是产品成本的 18%。补货提前期为两个星期。

表 2-3 提供了前 12 个月每个月的销售数据。分销商希望保证 97% 的服务水平，那么

订货点和订货量应该为多少？

表 2-3 历史数据

月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
销量	200	152	100	221	287	176	151	198	246	309	98	156

2.3.2 定期检查策略

在很多实际情况中，库存水平的检查是周期性的，间隔期是固定的，每次检查后都要订购适当的数量。例如，库存水平的检查可能在每个月初或每周末进行，检查完都要发出一个订单。由于库存水平检查是周期性的，发出订单的固定成本是一个沉没成本，可以被忽略——可以假想固定成本用于确定检查周期。订购的批量经过一定的提前期后到达。

在这种情况下应该使用什么库存策略？由于固定成本在这个环境中不起作用，库存策略只由一个参数——基本库存水平来刻画。也就是说，仓库要确定一个目标库存水平——基本库存水平，并在每次检查库存水平后，订购足够的货物使库存状况上升到基本存储水平。

有效的基本存储水平应该是多少？为了解决这个问题，我们假定每隔长度为 r 的时间发出一次订货。如前所述， L 是提前期， AVG 是仓库的平均日需求， STD 是日需求的标准差。

基本库存水平应包含两部分， $r+L$ 天内的平均需求和安全库存，而安全库存为：

$$z*STD*$$

图 2-7 显示了采用这种策略时随时间变化的库存水平。

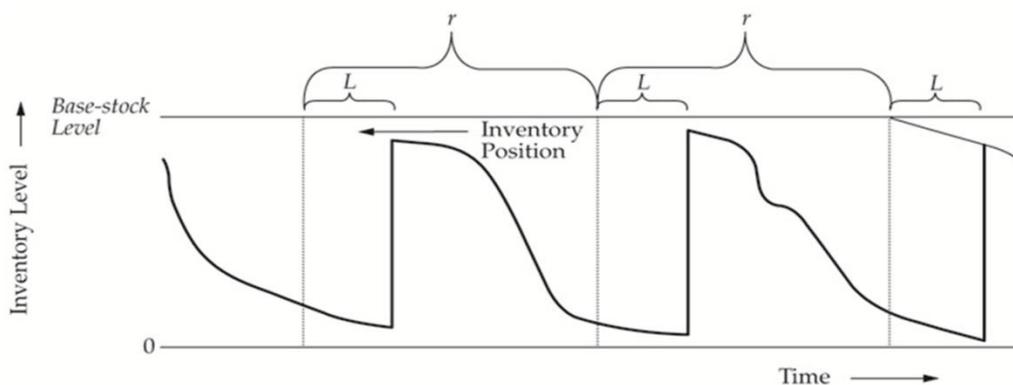


图 2-7 定期检查策略下随时间变化的库存水平

收到订货时的期望库存水平等于：

$$r \cdot \text{AVG} + z \cdot \text{STD}^*$$

而收货前一刻的期望库存水平就是安全库存，为：

$$z \cdot \text{STD}^*$$

因此，平均库存水平为： $r \cdot \text{AVG} / 2 + z \cdot \text{STD}^*$ 。

2.3.3 服务水平优化

目前，我们假设库存优化的目标是基于特定服务水平来决定最优库存策略。在其他情况下，公司拥有一定的灵活性来选择适当的服务水平。图 2-8 非常清楚地显示了库存、服务水平之间的权衡。

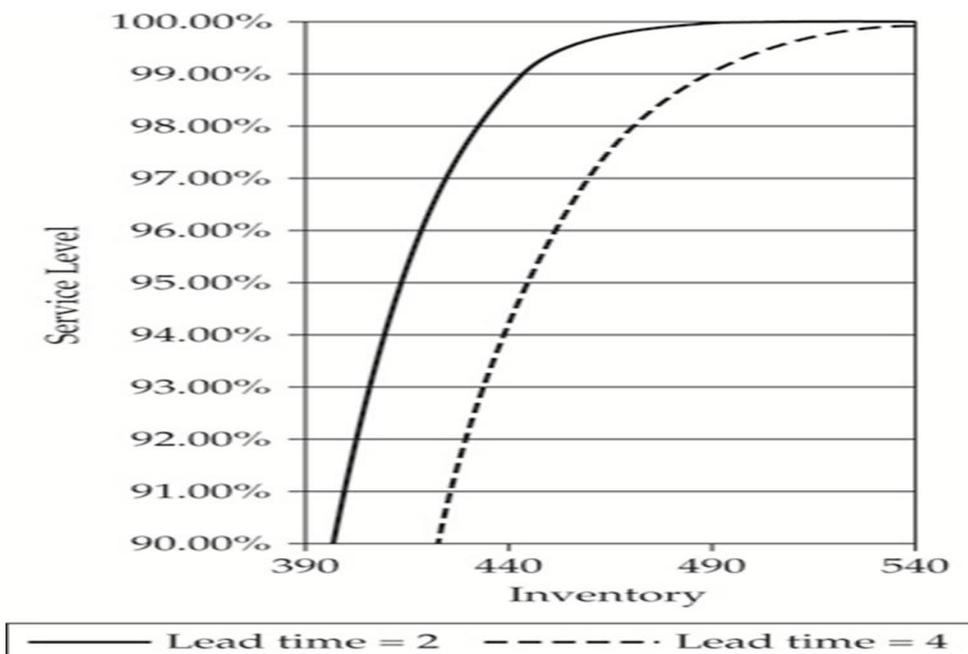


图 2-8 作为提前期的函数的服务水平和库存水平的关系

2.4 风险分担

案例分析

ACME 是美国东北部一家制造和分销电子设备的公司，公司正面临着一个配送问题。目前的配送系统将东北部分成两个市场，每个市场有一个仓库。一个仓库位于新泽西的帕拉姆斯(Paramus)，另一个仓库位于马萨诸塞的牛顿(Newton)。客户一般是零售商，直接向仓库订货。在目前的配送系统中，每个客户被分配到一个单一的市场中，并向相应市场的仓库订货。仓库向位于芝加哥的制造厂订货。交货到每个仓库的提前期为一个星期，制造厂有足够的产能满足所有仓库的订单。目前的配送策略提供 97% 的服务水平，意味着每个仓库使用的库存策略可使缺货的概率不大于 3%。当然，不能满足的订单将失去，不能通过以后的交货来补偿。由于最初的配送系统是七年前设计的，公司新任命的首席执行官决定检查目前的物流和配送系统。ACME 公司在它的供应链中处理大约 1500 种产品，服务东北地区大约 10000 个客户。

ACME 公司考虑使用以下的替换策略：将两个仓库替换成位于帕拉姆斯和牛顿之间的一个仓库。我们称后面这种系统为集中式配送系统。首席执行官坚持，无论采用何种物流策略，都要维持 97% 的服务水平。很明显，目前具有两个仓库的配送系统较只有一个仓库的策略有一个重要的优点，由于每个仓库更靠近一组特定的客户，从而减少了交货时间。但是，新提出的方案也有其重要的好处，它使 ACME 以更低的库存水平同样获得 97% 的服务水平，或者以同样的库存水平获得更高的服务水平。

我们以 A, B 两种产品为例，对于这两种产品，向制造厂订货的固定成本都是每次 60 美元，单位产品库存持有成本为每星期 0.27 美元。在目前的配送系统中，从仓库向顾客运输产品的成本是平均每件 1.05 美元。估计在集中式配送系统中，从中央仓库运往顾客的运输成本平均为每件 1.10 美元。为了进行分析，我们假定两个系统的交货提前期没什么差别。

表 2-4 和表 2-5 分别提供了产品 A 和 B 的历史销售数据。表中包括每种产品在过去 8 周内每个市场的每周需求量。注意产品 B 是一个滞销产品——产品 B 的需求相对产品 A 的需求要小。

表 2-4 产品 A 的历史销售数据

周	1	2	3	4	5	6	7	8
马萨诸塞	33	45	37	38	55	30	18	58
新泽西	46	35	41	40	26	48	18	55
合计	79	80	78	78	81	78	36	113

表 2-5 产品 B 的历史销售数据

周	1	2	3	4	5	6	7	8
马萨诸塞	0	2	3	0	0	1	3	0
新泽西	2	4	0	0	3	1	0	0
合计	2	6	3	0	3	2	3	0

表 2-6 提供了每种产品平均周需求和周需求标准差的历史数据。同时还给出了每个仓库需求的变差系数。变差系数定义如下：

变异系数=标准差/平均需求

这里有一点很重要，就是标准差和变差系数的差别，尽管两者都能衡量顾客需求的变动。实际上标准差衡量顾客需求变动的绝对值，变差系数衡量顾客需求相对平均需求的变动。例如这里分析的两种产品，我们看到产品 A 需求的标准差要大于产品 B，而产品 B 需求的变差系数要大于产品 A。两种产品之间的差别对最后的分析有很大影响。

表 2-6 历史数据概括

统计量	产品	平均需求	需求标准差	变异系数
马萨诸塞	A	39.3	13.2	0.34
马萨诸塞	B	1.125	1.36	1.21
新泽西	A	38.6	12	0.31
新泽西	B	1.25	1.58	1.26

合计	A	77.9	20.71	0.27
合计	B	2.375	1.9	0.81

最后，注意集中式配送系统中，每种产品的平均需求是现有仓库平均需求之和。但是中央仓库所面对的需求变动，由标准差或变差系数衡量，远小于两个仓库的需求变动之和。这对于目前和建议系统的库存水平有重大影响。计算结果如表 2-7 所示。

表 2-7 库存水平

	产品	提前期内平	安全库存	订货点	Q
马萨诸塞	A	39.3	25.08	65	132
马萨诸塞	B	1.125	2.58	4	25
新泽西	A	38.6	22.8	62	131
新泽西	B	1.25	3	5	24
合计	A	77.9	39.35	118	186
合计	B	2.375	3.61	6	33

2.4.1 风险分担的关键点

(1) 集中化库存同时减少了系统的安全库存和平均库存

直觉上可以解释如下：在集中式配送系统中，无论何时，当一个市场区域的需求高于平均需求，而另一个市场区域的需求低于平均需求时，仓库中原来分配给一个市场的库存可以重新分配给另一个市场。在分散化配送系统中，在不同市场的仓库之间重新分配库存的过程几乎是不可能的。

(2) 变差系数越大，从集中式系统中获得的好处越多

平均库存包括两部分：与平均周需求成比例的部分（Q）和与周需求标准差成比例的部分（安全库存）。由于平均库存的减少主要通过安全库存的减少来达到，因此变差系数越高，安全库存在库存降低中的影响就越大。

(3) 从风险分担中得到的利益依赖于一个市场相对于另一个市场的需求方式。

我们把一个市场的需求增大会使得另一个市场的需求也增大的现象，称为两个市场的需求是正相关的。类似地，正相关的时候，一个市场需求减少，另一个市场需求也会减少。直觉上，两个市场需求的正相关度越高，风险分担所能获得的利益越少。

2.4.2 集中化与分散化系统

前一节中的分析提出了一个重要的实际问题：我们在比较集中式配送系统和分散化配送系统时，需要权衡什么？

(1) 安全库存

很明显，当企业从分散化向集中式系统转变时，安全库存会减少。减少的数量依赖于一些参数，包括变差系数和不同市场之间的需求相关度。

(2) 服务水平

当集中式和分散化系统拥有同样的总安全库存时，集中式系统的服务水平相对较高。如前所述，服务水平的提高依赖于变差系数和不同市场之间的需求相关度。

(3) 管理费用

一般地，在分散化系统中的管理费用较高，因为其规模经济程度较小。

(4) 顾客提前期。由于在分散化系统中仓库距离顾客更近，因此响应时间通常更短。

(5) 运输成本

运输成本的影响依赖于具体情况。一方面，当增加仓库数量时，出库运输成本——从仓库向顾客交货的运输成本——会减少，因为仓库离市场更近；另一方面，入库运输成本——从工厂运输产品到仓库的成本——会增加。因此，对总运输成本的净影响无法直接判断。