

企业与生产运作管理

马登龙

新能源装备与质量工程研究所



七、 库存管理

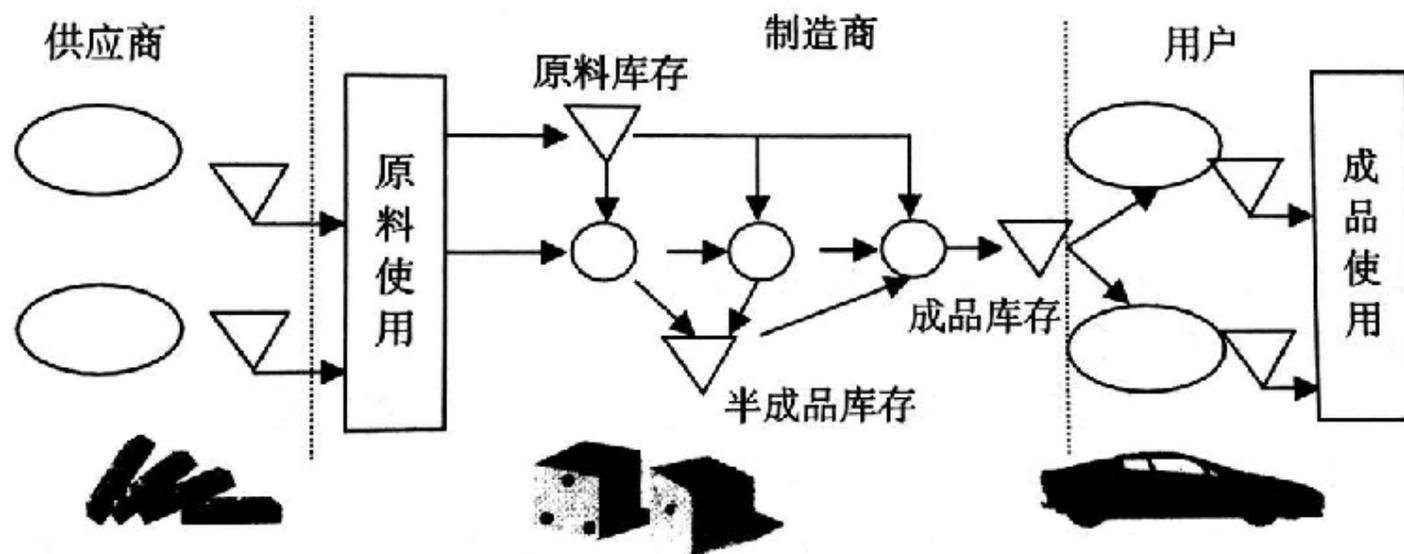
- 7.1 库存及其作用
- 7.2 库存问题的分类
- 7.3 单周期库存问题的基本模型
- 7.4 确定型均匀需求库存问题的基本模型
- 7.5 不确定型库存问题基本模型





■ 库存的概念

- 库存 (Inventory) 是指一切暂时闲置的、用于未来目的的、有经济价值的资源，资源的闲置就是库存。
- 在输入环节有设备、原材料、外购零部件等库存，在转换过程有在制品、半成品库存，在输出环节有成品库存。





■ 库存的作用

- 避免产品缺货，缩短供货周期；
- 通过库存吸收季节性需求波动，使生产过程均衡、平稳；
- 分摊订货费用，一件一件订是不经济的；
- 防止原材料短缺；
- 通过工序间在制品库存维持生产过程的连续性，防止生产的中断。

是不是库存越多越好呢？



■ 库存的代价

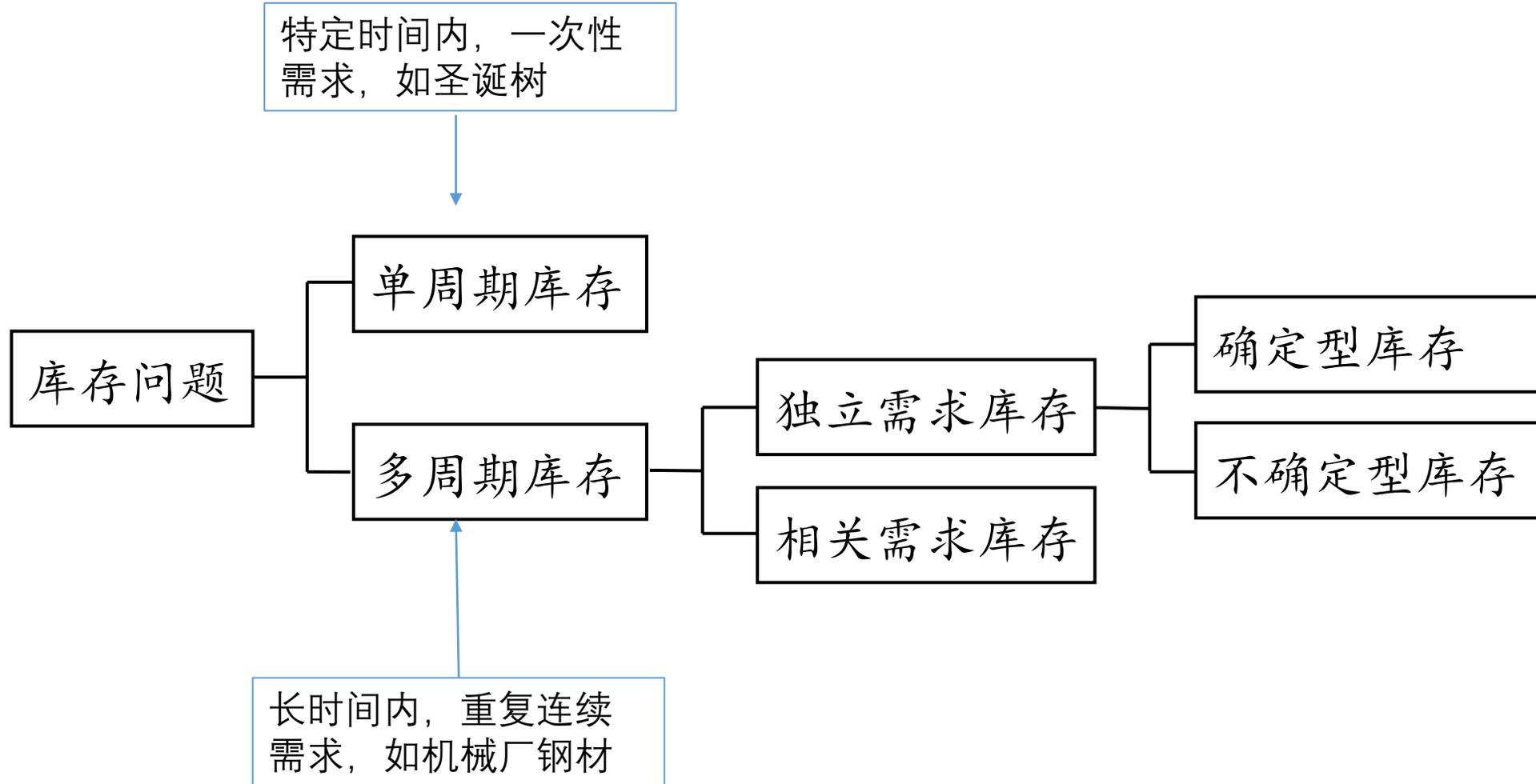
- 库存会占用流动资金
- 需要支出库存管理费用
- 库存物资可能失效、淘汰、丢失，造成损失

■ 库存成本

- **存储成本**：资金成本、仓库成本、物资损耗与变质、贬值成本
- **订货(准备)成本**：订货费用（外）、生产调整费用（内）
- **缺货成本**：机会成本、延迟补偿、加班费用
- **货物成本**
- 库存管理的目标就是以上**库存成本总量最小化**



7.2 库存问题分类





■ 库存问题

- **单周期库存**：单周期库存又称为**一次性订货问题**，即某物品在一定时间内只订货一次，消耗完也不再补充订货，如报纸、月饼库存问题。
- **多周期库存**：多周期库存又称为**重复性订货问题**，即对某物品的需求是重复的、连续的，其库存量需要不断地补充，如加油站的油品库存、超级市场卖出的商品等问题。



■ 库存问题

- **独立需求**：是指对某种物品的需求只受企业外部的市场影响而不受其它种类物品的影响，表现出对这种产品需求的独立性，只能通过预测确定，如制造企业的产品库存
- **相关需求**：又称非独立需求，是指对某种物品的需求直接依赖于其它种类的物品，如自行车车轮和自行车的关系，半成品和原材料的需求



■ 库存问题

- **确定型库存**：如果**需求率**和**订货提前期**被视为确定的，发生在这种情况下库存称为确定型库存问题。
- **不确定型库存**：如果将**需求率**和**提前期**中的任一个看作随机变量，发生在这种情况下的库存就是不确定型库存问题。



■ 库存控制要解决的三个主要问题：

1. 确定库存检查周期；
2. 确定订货量；（订多少）
3. 确定订货点（何时订货）

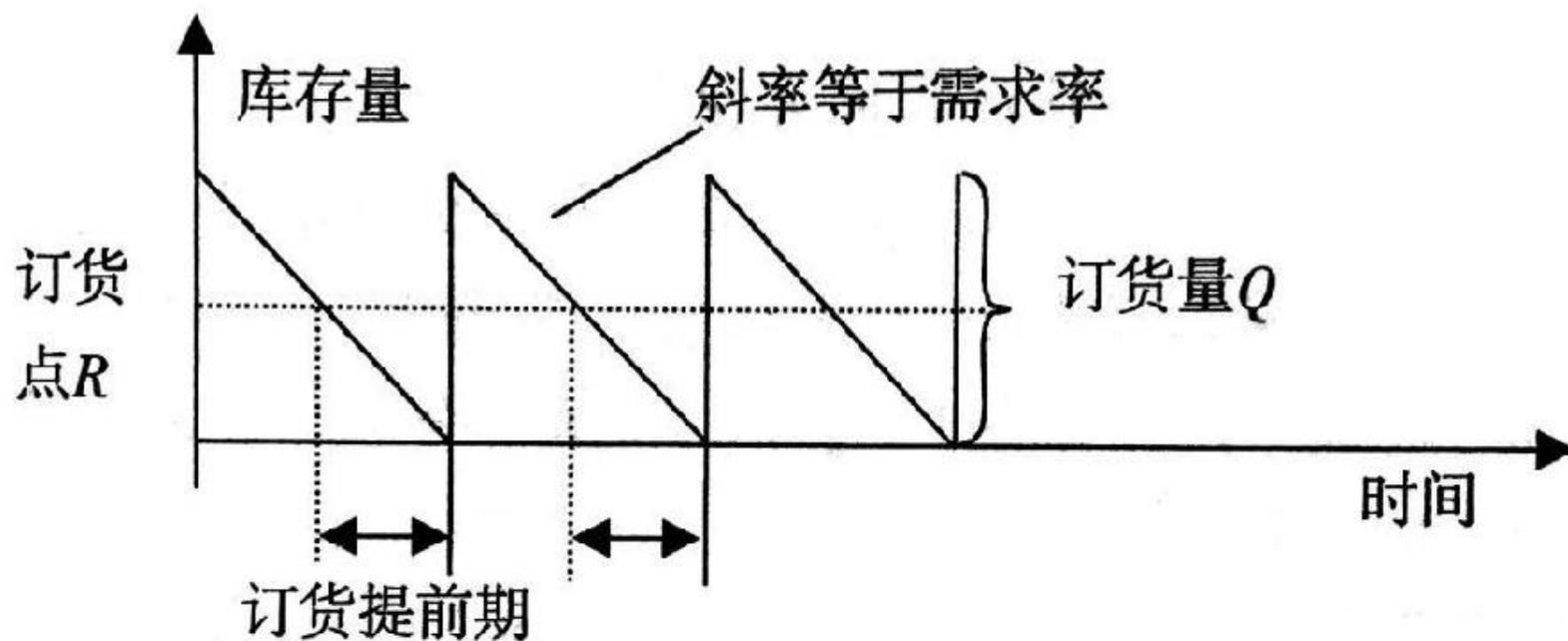
■ 最基本的库存控制系统有三种：

1. 连续检查的固定订货量、固定订货点控制系统，即 (Q,R) 策略；
2. 周期性检查策略，即 (t,S) 策略；
3. 最大最小库存控制系统，即 (s,S) 策略。



■ (Q, R) 策略

- 连续检查库存控制系统又称为固定量系统、定量订货系统或 (Q, R) 策略，它是指订货点和订货量都为固定量的订货系统，其中的Q表示订货量，R表示订货点 (Reorder Point)。



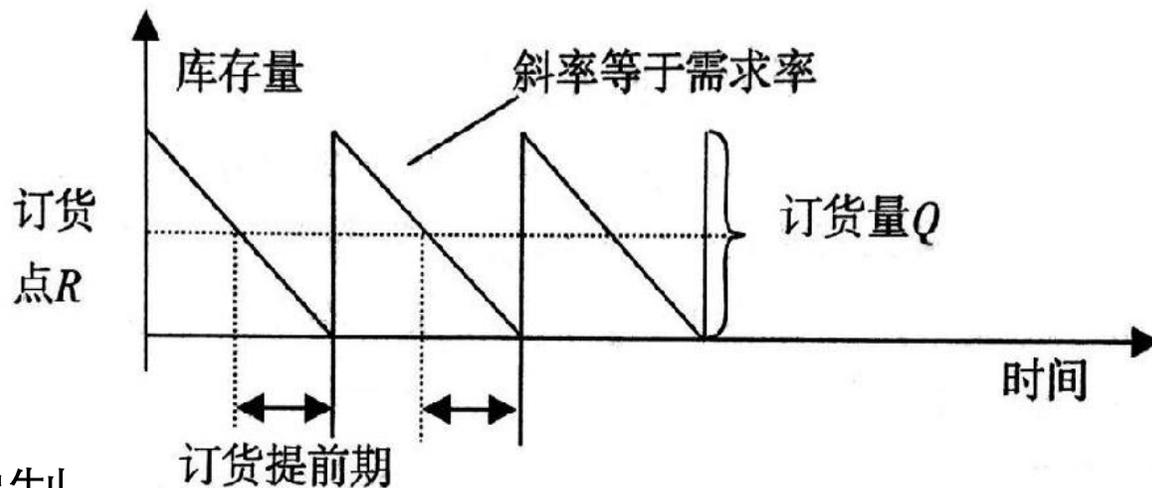


■ (Q, R) 策略

➤ **基本思想**：在日常生产活动中要**连续不断地检查库存水平**，当库存水平小于或等于订货点 R 时，就发出一个固定的订货量 Q 以补充库存，每次按相同的订货量 Q 补充库存。经过提前期 LT （从发出订货到货物到达的时间间隔）货物到达，库存量增加 Q 。

➤ **适用于：**

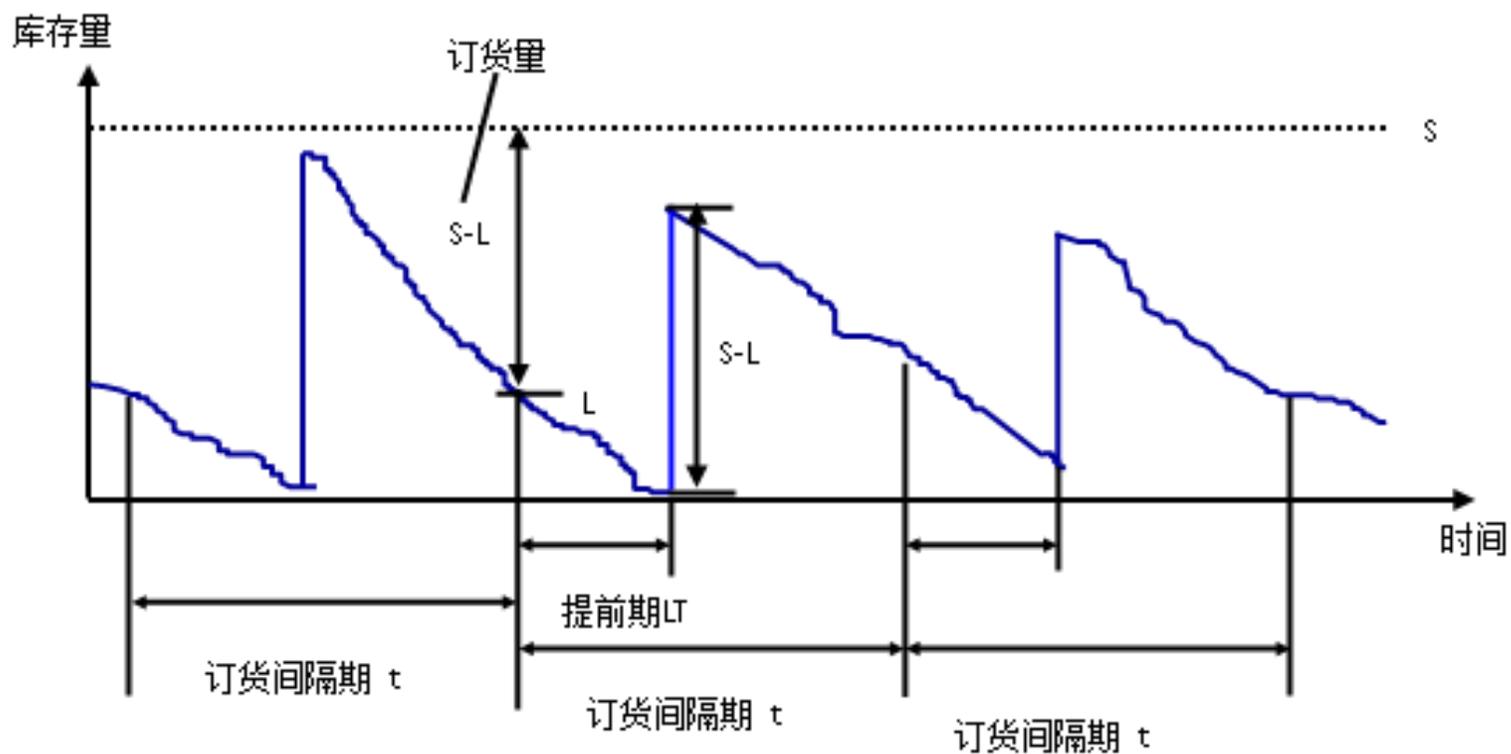
- ✓ 缺货费用较高
- ✓ 需求波动性大
- ✓ 价值较高的重要物资的库存控制





■ (t, S) 策略

- 又称为**定期检查库存控制系统**、**定期订货系统**、**固定间隔期系统**，它是指每经过一个固定的时间间隔 t 就检查库存水平，并发出一次订货，订货量为将现有库存补充到**最高库存水平 S** 。





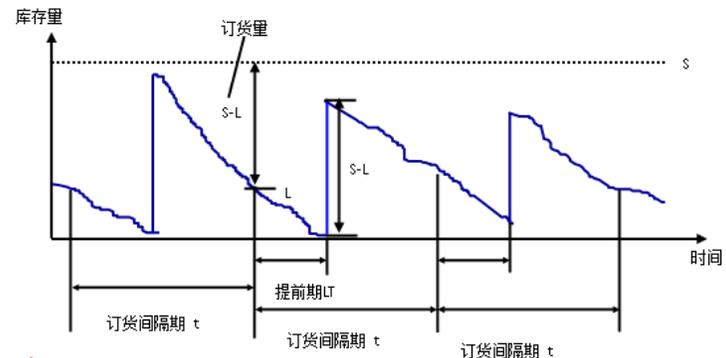
■ (t, S) 策略

➤ 特点:

- ✓ 该策略不设订货点，只设**固定检查周期和最大库存量**。
- ✓ 适用于一些不很重要的、或使用量不大的物资。
- ✓ 该系统不需连续检查库存量,简化管理,节约订货成本。
- ✓ 不需要随时检查库存,每次订货量变化较大,各时订货

➤ 缺点:

- ✓ 固定量系统只需在提前期内防止缺货,而固定间隔期系统需要提前期加下一个周期以防缺货,因而**需要较高的安全库存**。
- ✓ 论库存水平降得多还是少,都要按期发出订货,当库存水平很高时,订货量是很少的。

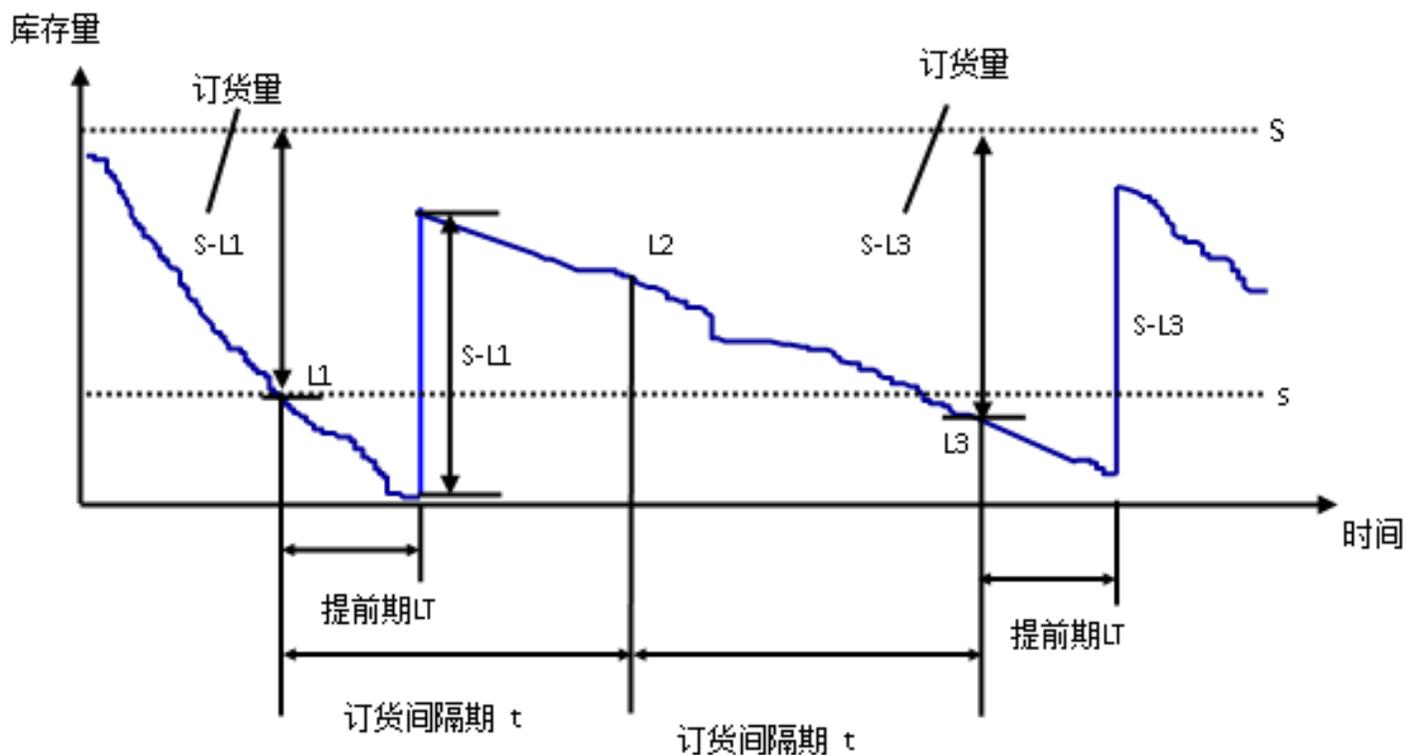


(t, S) 策略存在什么风险?



■ (s, S) 策略

- 又称为**最大最小库存控制系统**，也是**定期订货系统**。它在原定期订货系统的基础上，设置一个**订货点 s** ，当经过一个固定间隔期 t 时，只有库存量小于或等于订货点的数量时才发出一次订货，否则在下一个时间点再考虑是否补货。



■ ABC分类法:

➤ 一种库存重点控制方法

➤ 基本思想:

✓ 80-20原则: 20%的因素导致80%的结果

➤ ABC分类的规则:

类别	品种数的百分比	金额百分比
A类物资	15%--20%	65%--80%
B类物资	30%--40%	15%--20%
C类物资	40%--55%	5%--15%

7.2.3 库存分类管理方法—ABC分类法

类别	品种数的百分比	金额百分比
A类物资	15%--20%	65%--80%
B类物资	30%--40%	15%--20%
C类物资	40%--55%	5%--15%

■ ABC分类法的运用:

- **A类物资（重点管）**：严格管理，紧密控制。如经常盘点；立即更新库存记录，保证完整、精确的库存记录；经常审查需求量、订货量和安全库存；密切跟踪并催货，减少提前期；经常做价值分析；重点控制其库存成本，等等。
- **B类物资（正常管）**：保持正常的控制，包括作记录和固定时间的检查；只有在紧急情况下，才赋予较高的优先权。
- **C类物资（放松管）**：尽可能简单的控制。如可维持较高的库存以避免缺货，例如，有些价值较低的物料，必要时可以一次投料完成全年的计划用量，有些通用性好而价值较低的紧固件，可直接发往使用车间现场。C类物料不需经常盘点。



■ 单周期库存问题

- **基本特征：**需求不确定，在一段时间之后不能再销售，期末处理一些剩余产品或许能得到残值，所做的决策是在期初订购多少产品。
- **关键在于确定订货批量，主要依据需求的预测。**
- 如果需求量大于订货量，就会失去潜在的销售机会，导致**机会成本（缺货损失）**。
- 如果需求量低于订货量，所有未销售出去的物品可能以低于成本的价格出售，这种损失称为**陈旧（超储）成本**。
- **机会成本和陈旧成本对最佳订货量的确定起决定性的作用。**



7.3 单周期库存问题的基本模型

- 期望损失最小法
- 期望利润最大法
- 边际分析法（自学）



● 期望损失最小法

- 已知：单位成本：C/件，单位售价：P/件，降价处理：S/件
- 则：单件机会成本： $C_u = P - C$ （损失应该获得的利润）
单件超储成本： $C_o = C - S$ （甩卖带来的损失）

当订货量为Q时，期望损失为：

$$E_L(Q) = \sum_{d>Q} C_u (d - Q)P(d) + \sum_{d<Q} C_o (Q - d)P(d)$$

式中， $P(d)$ 为实际需求量为d时的概率



➤ 期望损失最小法举例

某商店挂历需求的分布率：

需求d (份)	0	10	20	30	40	50
分布率p(d)	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15

已知，进价为 $C=50$ 元/每份，售价 $P=80$ 元/每份，降价处理 $S=30$ 元/每份。

求该商店应该进多少挂历为好？



7.3 单周期库存问题的基本模型

➤ 期望损失最小法举例 $E_L(Q) = \sum_{d>Q} C_u(d - Q)P(d) + \sum_{d<Q} C_o(Q - d)P(d)$

订货量Q	实际需求d						期望损失 $E_L(Q)$ (元)
	0	10	20	30	40	50	
	P(D=d)						
	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15	
0	0	300	600	900	1200	1500	855
10	200	0	300	600	900	1200	580
20	400	200	0	300	600	900	380
30	600	400	200	0	300	600	280
40	800	600	400	200	0	300	305
50	1000	800	600	400	200	0	430

机会和损失界线



● 期望利润最大法

期望利润最大法就是比较不同订货量下的**期望利润**，取期望利润最大的订货量作为最佳订货量。

设订货量 Q 时的期望利润为 $E_P(Q)$ ，则：

$$E_P(Q) = \sum_{d < Q} [C_u d - C_o (Q - d)] p(d) + \sum_{d > Q} C_u Q p(d)$$



7.3 单周期库存问题的基本模型

$$E_P(Q) = \sum_{d < Q} [C_u d - C_o(Q - d)]p(d) + \sum_{d > Q} C_u Q p(d)$$

➤ 期望利润最大法举例

订货量Q	实际需求d						期望利润 E _p (Q)
	0	10	20	30	40	50	
	概率p(D = d)						
	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15	
0	0	0	0	0	0	0	0
10	-200	300	300	300	300	300	275
20	-400	100	600	600	600	600	475
30	-600	-100	400	900	900	900	575*
40	-800	-300	200	700	1200	1200	550
50	-1000	-500	0	500	1000	1500	425

纯利润线

7.4 确定型均匀需求库存问题的基本模型

7.4.1 与库存有关的费用

7.4.2 基本经济订货批量模型

1、与库存有关的费用

- 随库存量增加而**增加**的费用
 - ✓ 资金成本
 - ✓ 仓储空间费用
 - ✓ 物品变质和陈旧造成的损失
 - ✓ 税收和保险

1、与库存有关的费用

- 随库存量增加而**减少**的费用
 - ✓ 订货费
 - ✓ 调整准备费
 - ✓ 购买费和加工费
 - ✓ 生产管理费
 - ✓ 缺货损失成本

1、与库存有关的费用

➤ 总费用

- ✓ 年维持成本 (Holding Cost, C_h)
- ✓ 年补充订货成本 (Ordering Cost, C_r)
- ✓ 年购买费 (加工费) (Purchasing Cost, C_p)
- ✓ 年缺货损失费 (Shortage Cost, C_s)

年总费用表示为 C_T :

$$C_T = C_h + C_r + C_p + C_s$$



订多少合适?

2、经济订货批量模型

- 订货批量是指消耗一次订货费用一次采购或生产某种产品的数量。
- 经济订货批量，就是按照**库存总费用最小的原则**确定出的订货批量，这种确定订货批量的方法就称为经济订货批量法，也称（Q, R）模型。
- 经济订货批量模型是最基本的订货模型。

2、经济订货批量模型

➤ 基本假设

- ① 需求是已知常数，是均匀的；年需求以 D 表示，单位时间需求以 d 表示。
- ② 不允许发生缺货；
- ③ 订货提前期是已知的，且为常数；
- ④ 交货提前期为零，即瞬时交货；
- ⑤ 一次订货量无最大最小限制；
- ⑥ 订货费用与批量无关；
- ⑦ 产品成本不随批量而变化，即没有数量折扣。

7.4 确定型均匀需求库存问题的基本模型

➤ 基本参数

C — 货物的单位成本

S — 每次订货发生的费用

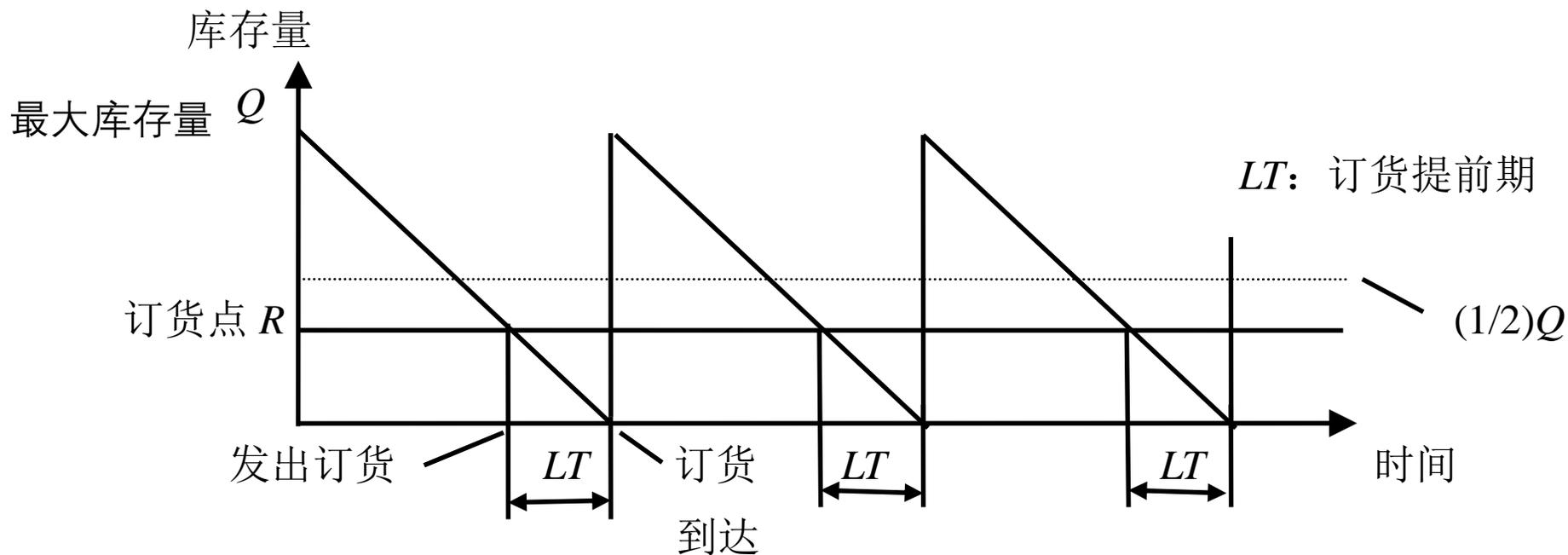
D — 年总需求量

TC — 年总成本

R — 订货点;

Q — 最大库存量、订货量

H — 单位货物每年的存储成本, ($H=C \times I$, I 为年资金费用率, 元/件.年)

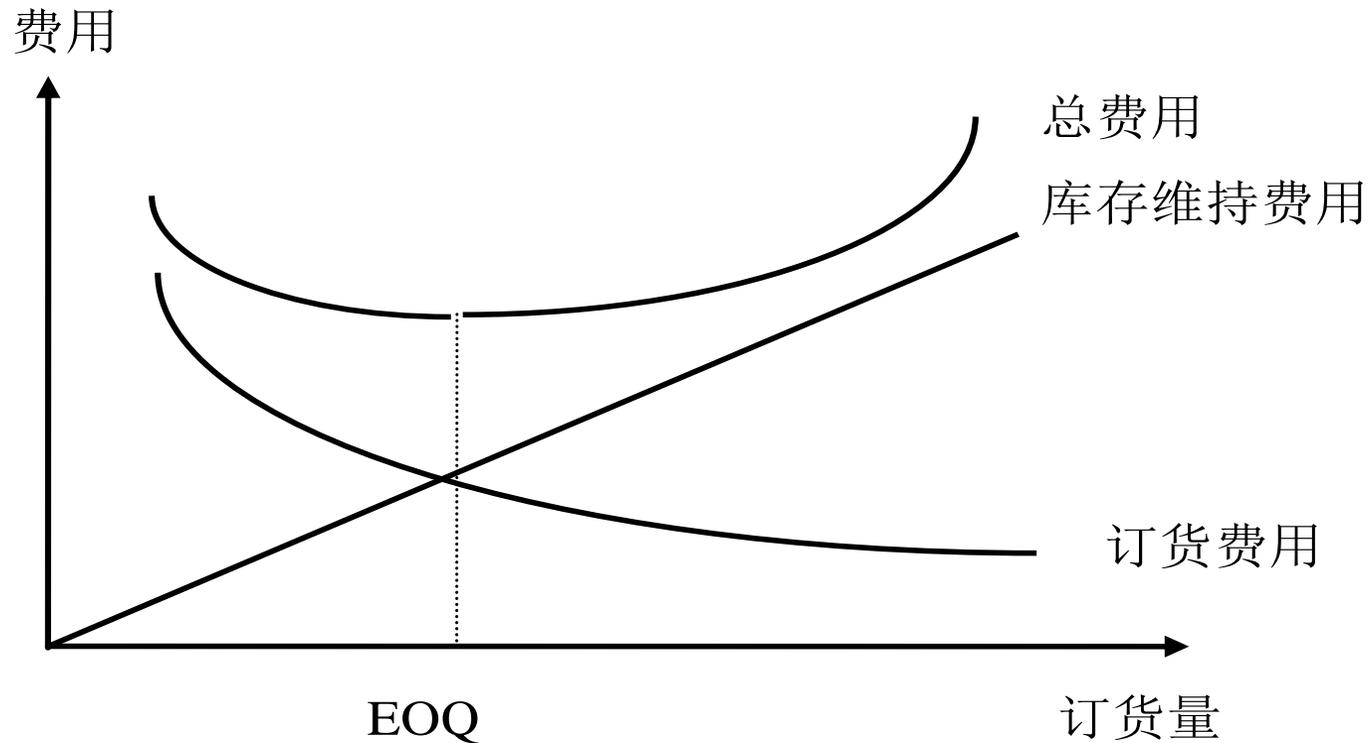


经济订货批量假设条件下的库存变化

7.4 确定型均匀需求库存问题的基本模型

库存总费用 TC = 库存维持费用 C_h + 订货费用 C_p + 物料本身价值 C_v

$$C_h = \left(\frac{1}{2}Q\right) \cdot C \cdot I \quad C_p = \left(\frac{D}{Q}\right) \cdot S \quad C_v = DC$$



年费用曲线

2、经济订货批量模型

$$d(TC)/dQ = \frac{1}{2} \cdot C \cdot I - \left(\frac{D}{Q^2}\right) \cdot S + 0 = 0$$

经济订货批量 Q^* : $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}}$

年订货次数 n : $n = (D / Q^*)$

订货点 R (提前期内的需求) : $R = d \times LT$



例：G公司每年以单价10元购入某种产品8000件。每次订货费用为30元,资金年利率为12%,单位维持库存费按所库存货物价值的18%计算。若每次订货的提前期为2周,试求经济订货批量、最低年总成本、年订购次数和订货点。

解：这是一个直接利用EOQ公式的问题。显然, $C=10$ 元/件, $D=8000$ 件/年, $S=30$ 元, $LT=2$ 周。H则由两部分组成--资金利息和存储费用,即 $H=10 \times 12\% + 10 \times 18\%=3$ 元(件·年)。因此,

$$EOD = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times 8000 \times 30}{3}} = 400 \quad (\text{件/次})$$

✓ 最低年总费用为 $TC_0 = DC + S \left(\frac{D}{Q}\right) + H \left(\frac{Q}{2}\right) = 81200$ (元)

✓ 年订货次数 $n = D/EOQ = 8000/400 = 20$ 次

✓ 订货点 $RL = (D/52) \cdot LT = 8000/52 \times 2 = 307.7$ (件) (一年按照52周算)



- 不确定型库存问题

- 当需求率和提前期中有一个或二个参数为随机变量时，库存控制问题就是不确定型库存问题。

● 随机 (Q, R) 库存模型

➤ 假设条件为：

- ✓ 需求率 d 和提前期 LT 是已知分布的随机变量，在不同的补充周期，这种分布不变；
- ✓ 允许晚交货，即供应过程中允许缺货，但一旦缺货，所欠货必须补上；
- ✓ 补充率为无限大，全部订货一次交付；
- ✓ 年平均需求量为 D ；
- ✓ 已知一次订货费为 S ；单位库存维持费用为 H ，单位缺货损失费为 C_s
- ✓ 无价格折扣

● 随机 (Q, R) 库存模型

- 随机型库存问题的最大不同在于允许缺货，因此必须考虑缺货损失费用。

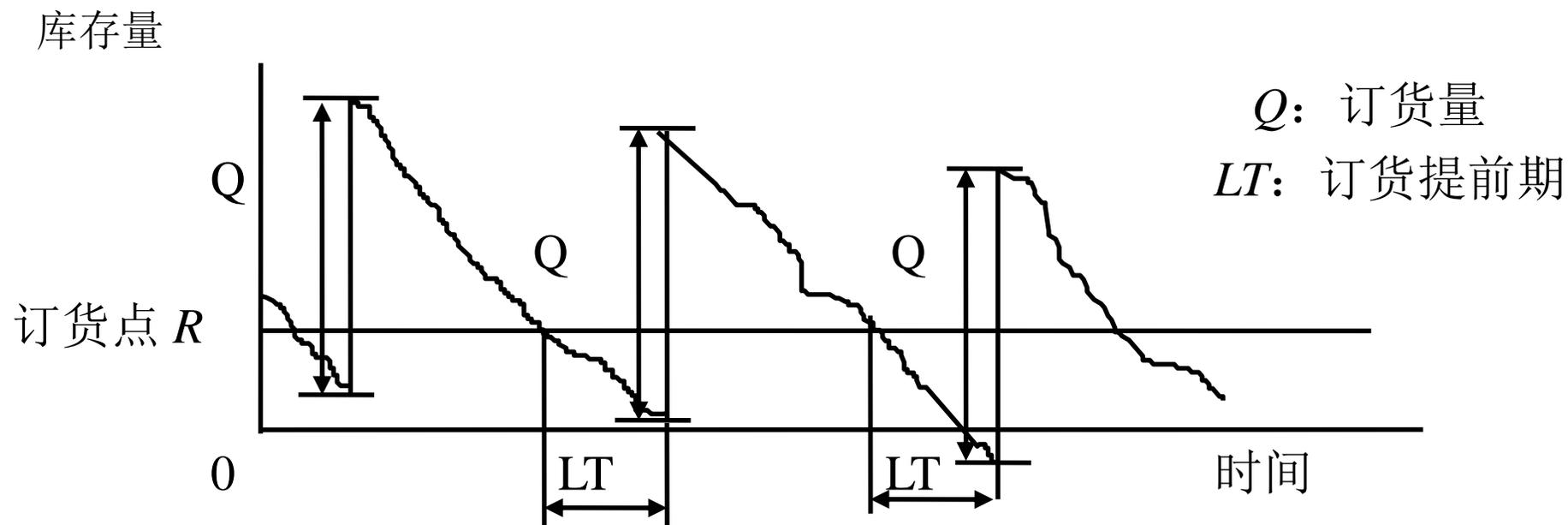
$$\text{库存总成本} \quad TC = \left(\frac{D}{Q}\right) \times S + CD + H \times E_I + C_S E_S(R) \left(\frac{D}{Q}\right)$$

式中， E_I 为库存量的期望值， $E_S(R)$ 为订货点R下各提前期缺货量的期望值， C_S 为单位缺货损失费，其余符号同前。

- ✓ 在实际中，缺货成本非常小，需求为随机情况的订货量仍可用经济订货批量模型计算

● 随机 (Q, R) 库存模型

随机 (Q, R) 库存模型的库存量变化如图所示:



随机 (Q, R) 库存系统

◆ 需求量是随机的, 所以库存量随机变动 提前期也是随机的

● 安全库存与服务水平

- 在需求与提前期都是常数的情况下，订货点可以根据EOQ模型中的公式计算得出；而一旦需求或提前期发生变化（成为随机变量），实际需求就有可能超过期望需求。
- 为了减少缺货风险，应持有额外库存即**安全库存**。

这时，订货点为： $R = SS + E(D_L)$

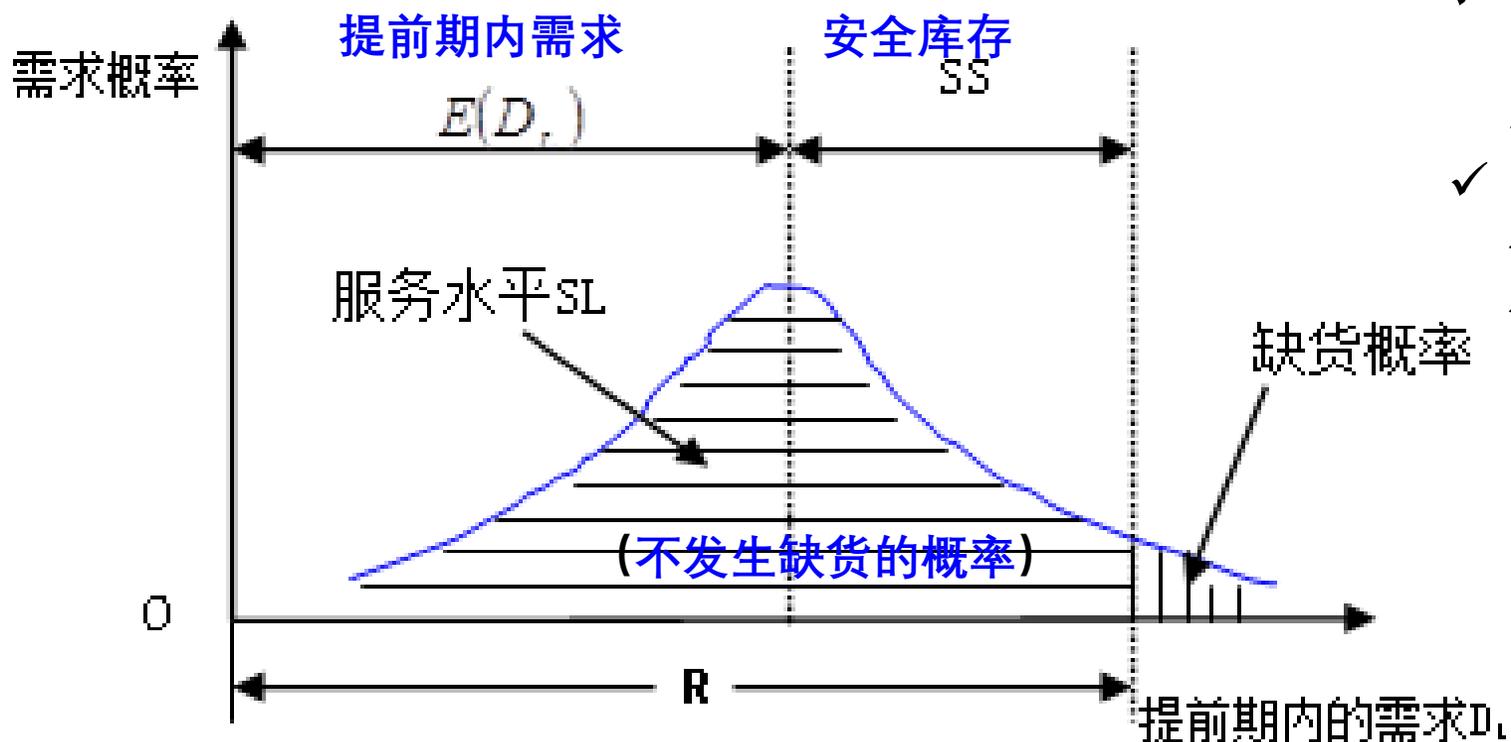
式中， SS 为安全库存， $E(D_L)$ 为提前期内需求的期望。



● 安全库存与服务水平

- 在随机型库存系统中，**需求率和订货提前期的随机变化被预设的安全库存所吸收。**
- **安全库存：**是一种额外持有的库存，它作为一种缓冲器用来补偿在订货提前期内实际需求超过期望需求量或实际提前期超过期望提前期所产生的需求。

● 安全库存与服务水平



- ✓ 如果没有安全库存，缺货的概率可以达到50%；
- ✓ 安全库存降低了缺货损失费，提高了服务水平，但会增加维持库存费用；
- ✓ 即使有安全库存的存在，仍不能保证顾客的每一次需求都能得到保证，因此缺货是不可避免的。

图 提前期内的需求近似服从正态分布的情况



● 安全库存与服务水平

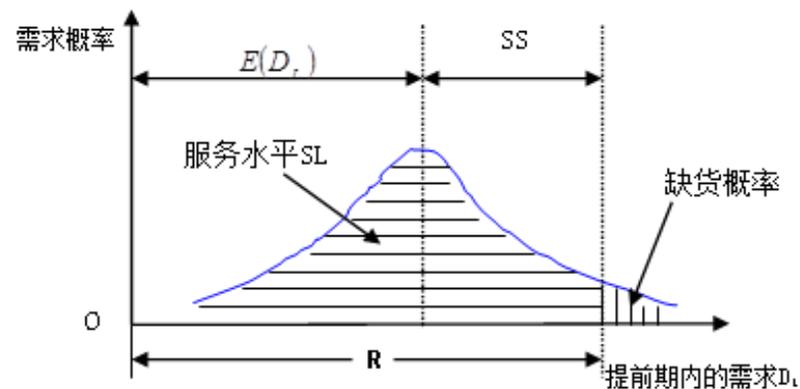
➤ **服务水平**是衡量随机性库存系统的一个重要指标

➤ 衡量服务水平的方法：

- ✓ 整个周期内供货的数量/整个周期的需求量
- ✓ 提前期内供货的数量/提前期的需求量
- ✓ 顾客订货得到完全满足的次数/订货发生的总次数
- ✓ 不发生缺货的补充周期数/总补充周期数
- ✓ 手头有货可供的时间/总服务时间

取提前期内需求不超过订货点R的概率作为服务水平：

$$SL = p(D_L \leq R)$$





● 安全库存与服务水平

- 服务水平越高，安全库存量越大，代价也越大，但过低又将失去顾客，减少利润。
- 在服务水平较低的时候，将服务水平提高同样比例，订货点增加幅度小 (L_1)， $L_2 > L_1$ ；
- 在服务水平较低时，稍稍增加一点安全库存，服务水平提高的效果就很明显。但是，当服务水平增加到比较高的水平(如90%)，再提高服务水平就需大幅度增加安全库存。

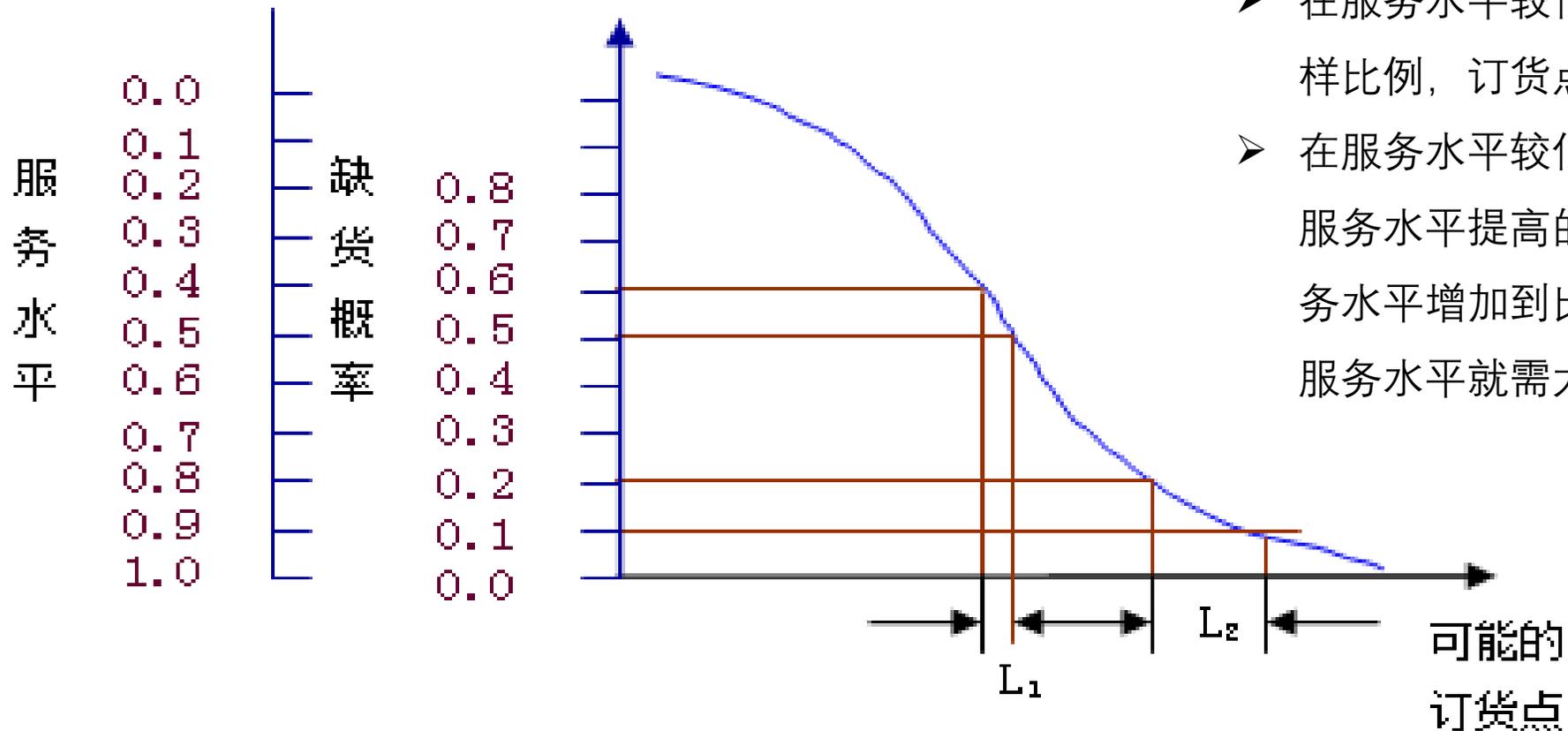


图 订货点与服务水平的关系图