



技术经济学

Technological Economics

潘丹

北京科技大学 机械工程学院

2021年11月



第8章 设备更新的技术经济分析



一、设备的磨损与补偿

- 设备在使用（或闲置）过程中会逐渐发生磨损，磨损分有形磨损和无形磨损两种形式。



一、设备的磨损与补偿

□ 设备的有形磨损：设备在使用或闲置过程中发生的实体磨损。

- 引起设备有形磨损的主要原因：在生产过程中对设备的使用
- 第一种有形磨损：设备在使用过程中，由于外力的作用使零部件发生摩擦、振动和疲劳等现象，导致机器设备的实体发生磨损，这种磨损叫第一种有形磨损。通常表现为：
 - 设备零部件的原始尺寸甚至形状发生变化
 - 公差配合性质改变，精度降低
 - 零部件损坏



一、设备的磨损与补偿

□ 设备的有形磨损

- 第一种有形磨损可使设备精度降低，劳动生产率下降
- 当有形磨损达到一定程度时，整个机器的功能就会下降，发生故障，导致设备使用费用剧增，甚至难以继续正常工作，失去工作能力，丧失使用价值。

第一种有形磨损

- 初期磨损阶段
- 正常磨损阶段
- 剧烈磨损阶段

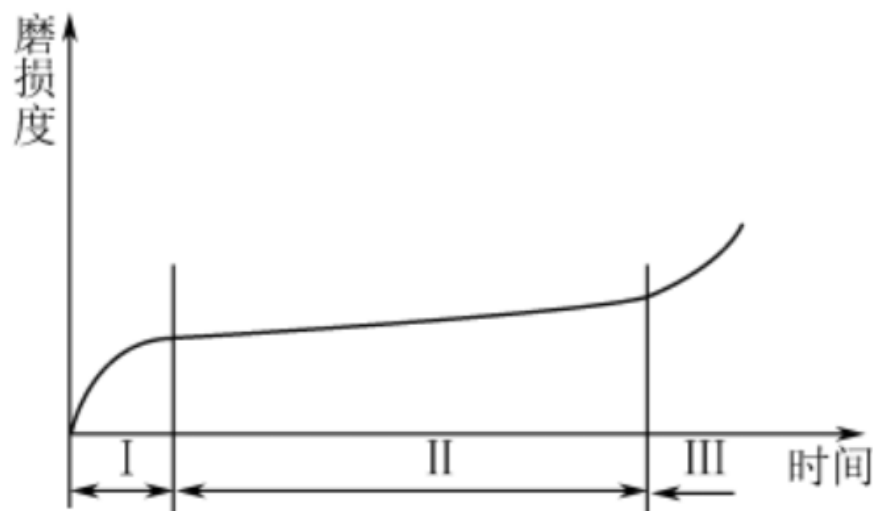


图 8-1 设备有形磨损曲线



一、设备的磨损与补偿

□ 技术进步对有形磨损的影响

- 技术进步可使设备的耐久性提高
- 可采用新的先进的修理技术来修复设备
- 技术进步使设备在使用中高效化、自动化，又加速了设备的有形磨损



一、设备的磨损与补偿

□ 设备的磨损

- **第二种有形磨损**：设备在**闲置过程中**，由于**自然力的作用**而使其丧失了工作精度和使用价值

- 这种磨损在一定程度内与设备闲置时间的长短有关。即设备闲置或封存不用，同样也会产生有形磨损，如金属件生锈、腐蚀、橡胶老化等。设备闲置时间长了，会自然丧失精度和工作能力，失去使用价值。



一、设备的磨损与补偿

□ 设备的磨损

- **无形磨损（精神磨损、经济磨损）**：机器设备由于**科技进步**而使设备的价值降低或生产同样设备的价值降低所表现出来的磨损或损失
 - 无形磨损不是由于在生产过程中的使用或自然力的作用造成的，它不表现为设备实体的变化，而表现为设备**原始价值的贬值**。



一、设备的磨损与补偿

□ 设备的磨损

- **第一种无形磨损**：由于设备**制造工艺不断改进**，成本不断降低，劳动生产率不断提高，**生产同种机器设备所需的社会必要劳动减少了**，因而机器设备的市场价格降低了，这样就使**原来购买的设备价值相应贬值了**。
 - 这种无形磨损的后果**只是现有设备的原始价值部分贬值**，设备本身的技术特性和功能，即使用价值并未发生变化，故不会影响现有设备的使用。



一、设备的磨损与补偿

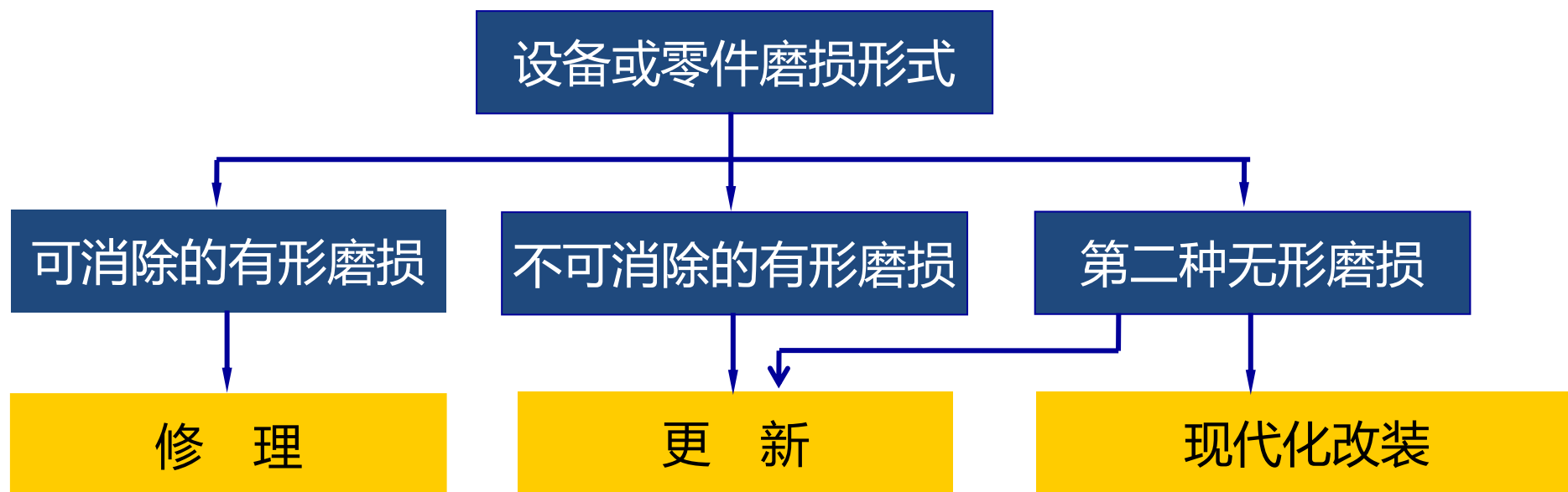
□ 设备的磨损

- **第二种无形磨损**：由于技术进步，社会上出现了结构更先进，技术更完善，生产效率更高，耗费原材料和能源更少的**新型设备**，使原有机器设备在技术上显得陈旧落后造成的。
 - 它的后果不仅使原有机器设备价值降低，而且会使原有设备局部或全部丧失其使用价值。
 - 因为：由于技术上更先进的新设备的发明和应用，使原有设备的生产效率大大低于社会平均生产效率，如果继续使用，就会使产品成本大大高于社会平均成本。此时，由于使用新设备比使用旧设备在经济上更合算，所以原有设备应该被淘汰。

一、设备的磨损与补偿

□ 设备磨损的补偿方式

- **设备磨损补偿：**对设备磨损的补偿是为了恢复或提高设备系统组成单元的功能。由于损耗是不均匀的，必须将各组成单元区别对待。





二、设备的经济寿命与估算

□ 设备寿命的分类

- **自然寿命**：也称物质寿命，是由于有形磨损所决定的设备的使用寿命，指一台设备从全新状态投入使用开始，直到因物质磨损，造成设备逐渐老化、损坏、直至报废所经历的全部时间。



二、设备的经济寿命与估算

□ 设备寿命的分类

- **技术寿命**：也称有效寿命，是指从设备开始使用到因技术落后而被淘汰所延续的时间，也即是设备在市场上维持其价值的时间。
 - 主要取决于技术进步的速度，一般与无形磨损无关。



二、设备的经济寿命与估算

□ 设备寿命的分类

- **经济寿命**：指设备从投入使用开始，到因继续使用在经济上不合理而被更新所经历的时间。一般是指由设备开始使用到其年平均使用成本最低的年份所延续的时间长短。
 - 设备的经济寿命即从经济角度分析设备最合理的使用期限，它与设备的**有形磨损**和**无形磨损**有关。

多数情况下，以设备的经济寿命确定设备更新的最佳时间。



二、设备的经济寿命与估算

□ 设备寿命的分类

- **折旧寿命**：指设备**开始使用**到其投资通过折旧的方式**全部回收**所延续的时间。一般设备的折旧寿命现行财务制度中规定了一个最高限和最低限。



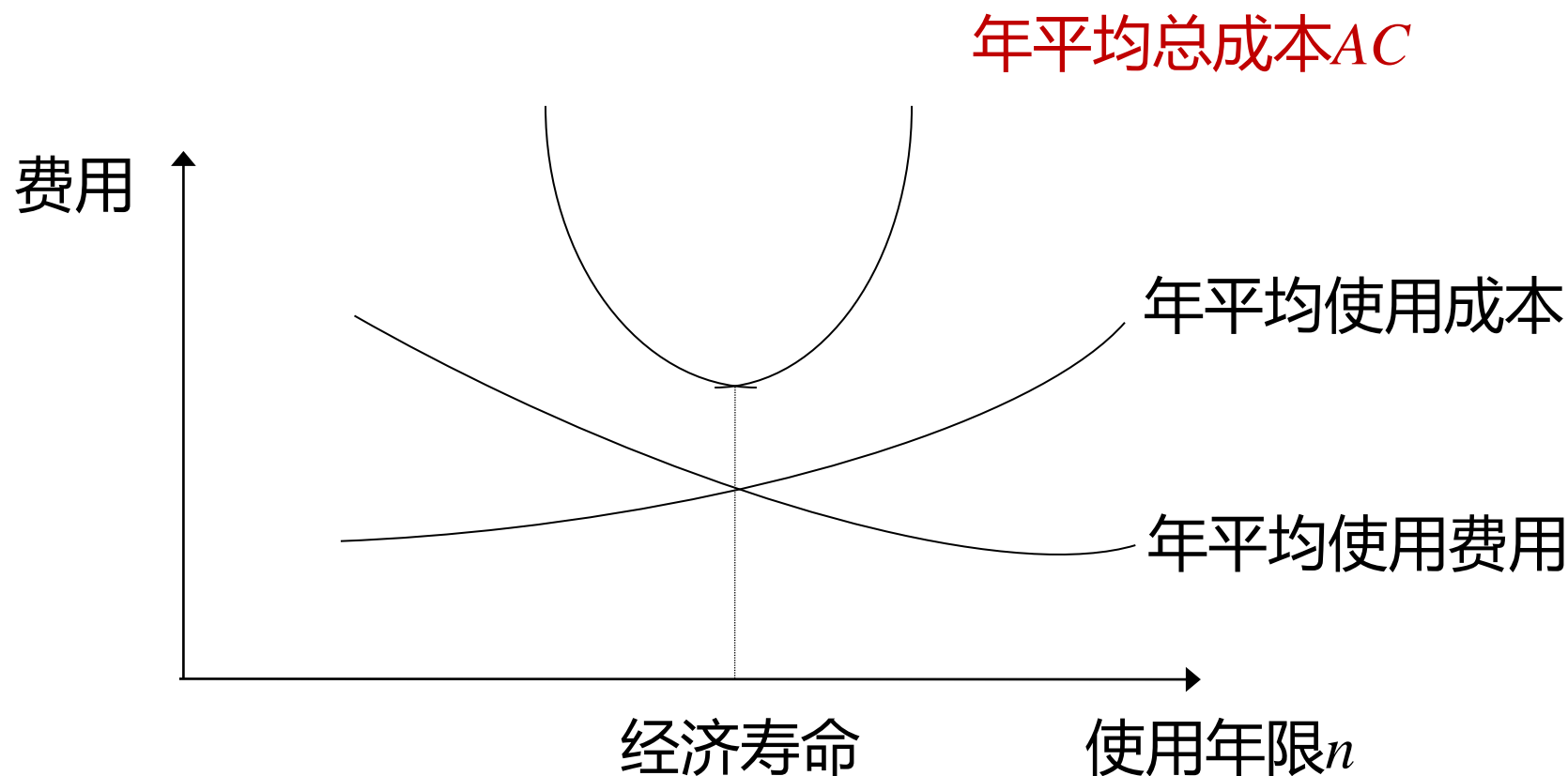
二、设备的经济寿命与估算

□ 设备经济寿命的估算——最小年费用法

- 设备经济寿命，即设备最佳更换期
- **原则：**使设备投资的折旧费和各年使用成本的总和最小的年限
- 平均每年分摊的折旧费：**年平均使用费用**
- 平均每年的维修费、保养费与修理费、能源损耗费、设备事故停工损失及效率损失等：**年平均使用成本**

二、设备的经济寿命与估算

□ 设备经济寿命的估算——最小年费用法





二、设备的经济寿命与估算

□ 1. 静态模式下经济寿命的确定方法

- 在不考虑资金时间价值的基础上计算设备年平均成本，使年平均成本最低的N就是设备的经济寿命。

$$\bar{C}_N = \frac{P - L_N}{N} + \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N C_t$$

\bar{C}_N — N 年内设备的年平均总成本

P — 设备目前的实际价值

L_N — 第 N 年末的设备净残值

C_t — 第 t 年的设备经营成本



【例1】某设备目前实际价值为30000元，有关统计资料见下表，求其经济寿命。

继续使用年限	1	2	3	4	5	6	7
年经营成本	5000	6000	7000	9000	11500	14000	17000
年末残值	15000	7500	3750	1875	1000	1000	1000

$$\bar{C}_1 = (30000 - 15000) + 5000 = 20000$$

$$\bar{C}_2 = \frac{30000 - 7500}{2} + \frac{1}{2}(5000 + 6000) = 16750$$

$$\bar{C}_3 = \frac{30000 - 3750}{3} + \frac{1}{3}(5000 + 6000 + 7000) = 16750$$



$$\bar{C}_4 = \frac{30000 - 1875}{4} + \frac{1}{4}(5000 + 6000 + 7000 + 9000) = 13781$$

$$\bar{C}_5 = \frac{30000 - 1000}{5} + \frac{1}{5}(5000 + 6000 + 7000 + 9000 + 11500) = 13500 \quad \star$$

$$\begin{aligned}\bar{C}_6 &= \frac{30000 - 1000}{6} + \frac{1}{6}(5000 + 6000 + 7000 + 9000 + 11500 + 14000) \\ &= 13583\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{C}_7 &= \frac{30000 - 1000}{7} + \frac{1}{7}(5000 + 6000 + 7000 + 9000 + 11500 + 14000 + 17000) \\ &= 14072\end{aligned}$$

该设备的经济寿命为5年



N	$P-L$	$(P-L)/N$	C_t	ΣC_t	$\Sigma C_t/N$	\bar{C}_N
1	15000	15000	5000	5000	5000	20000
2	22500	11250	6000	11000	5500	16750
3	26250	8750	7000	18000	6000	14750
4	28125	7031	9000	27000	6750	13781
★ 5	29000	5800	11500	38500	7700	13500
6	29000	4833	14000	52500	8750	13583
7	29000	4143	17000	69500	9929	14072

该设备的经济寿命为5年



二、设备的经济寿命与估算

□ 2. 动态模式下经济寿命的确定方法

- 在考虑资金时间价值的基础上计算设备的净年值NAV或年成本AC。

$$NAV(N_0) = \left[\sum_{t=0}^{N_0} (CI - CO)_t (1 + i_c)^{-t} \right] (A/P, i_c, N_0)$$

$$AC(N_0) = \left[\sum_{t=0}^N CO_t (1 + i_c)^{-t} \right] (A/P, i_c, N_0)$$



$$AC = [P - L_N(P/F, i_c, N) + \sum_{t=1}^N C_t(P/F, i_c, t)](A/P, i_c, N)$$

$$AC = P(A/P, i_c, N) - L_N(A/F, i_c, N) + \sum_{t=1}^N C_t(P/F, i_c, t)(A/P, i_c, N)$$

$$(A/F, i_c, N) = \frac{i_c}{(1+i_c)^n - 1} = \frac{i_c(1+i_c)^n}{(1+i_c)^n - 1} - i_c = (A/P, i_c, N) - i_c$$



$$AC = \underbrace{(P - L_N)(A/P, i_c, N) + L_N \cdot i_c}_{\text{年资本耗费}} + \underbrace{[\sum_{t=1}^N C_t(P/F, i_c, t)](A/P, i_c, N)}_{\text{年使用费}}$$

年资本耗费

年使用费



【例2】题意同例题1，假设利率为6%，计算该设备的经济寿命。

继续使用年限	1	2	3	4	5	6	7
年经营成本	5000	6000	7000	9000	11500	14000	17000
年末残值	15000	7500	3750	1875	1000	1000	1000

$$AC = (P - L_N)(A/P, i_c, N) + L_N \cdot i_c + \left[\sum_{t=1}^N C_t (P/F, i_c, t) \right] (A/P, i_c, N)$$

$$\begin{aligned} AC_3 &= (30000 - 7500)(A/P, 6\%, 3) + 7500 \times 6\% + 5000(1 + 6\%)^{-1}(A/P, 6\%, 1) \\ &\quad + 6000(1 + 6\%)^{-2} + 7000(1 + 6\%)^{-3} \\ &= 14868 \end{aligned}$$



	1	2	3	4	5	6	7
年成本AC	21800	18208	16007	14885	14460	14402	14719

该设备的经济寿命为6年 ★



【习题】某设备原值为16000元，其各年设备余值及运行费用如下表所示，求设备合理更新期。

使用年数T	1	2	3	4	5	6	7
年运行费 C_t	2000	2500	3500	4500	5500	7000	9000
设备余值 L_t	10000	6000	4500	3500	2500	1500	1000



不考虑资金的时间价值

使用年限T	累计运行费	设备费用 $P-L_N$	总成本	年平均成本
1	2000	6000	8000	8000
2	4500	10000	14500	7250
3	8000	11500	19500	6500
4	12500	12500	25000	6250
5	18000	13500	31500	6300
6	25000	14500	39500	6583
7	34000	15000	49000	7000



考虑资金的时间价值

使用年限	设备原值	余值现值	运行费现值	年平均成本
T	P	$L_t (P/F, i, t)$	$\sum_{t=1}^T C_{pt} (P/F, i, t)$	$(2-3+4) (A/P, i, t)$
1	16000	9090	1818	9601
2	16000	4956	3883	8598
3	16000	3380	6512	7691
4	16000	2391	9586	7306
5	16000	1553	13002	7247
6	16000	848	16957	7385
7	16000	513	21574	7598



三、设备更新方案的比选

□ 原则

- 不考虑沉没成本
- 客观正确地描述新旧设备的现金流量
- 逐年滚动比较



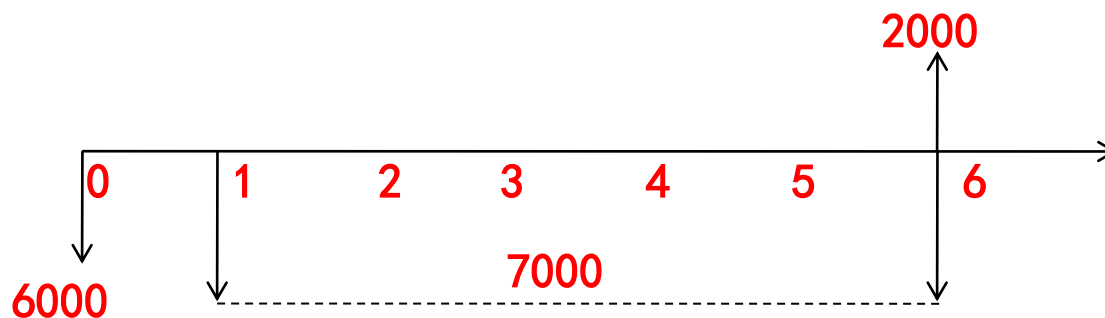
【例2】假定某企业在4年前以22000元购置机器A。估计还可以使用6年，第6年末估计残值2000元，年度使用费7000元。现在市场上出现了机器B，原始费用24000元，估计可使用10年，第10年末残值3000元，年度使用费4000元。现有两个方案：方案甲继续使用机器A；方案乙将机器A出售，目前售价6000元，然后购买机器B。已知基准折现率15%，试比较这两个方案的优劣。

等价决策：

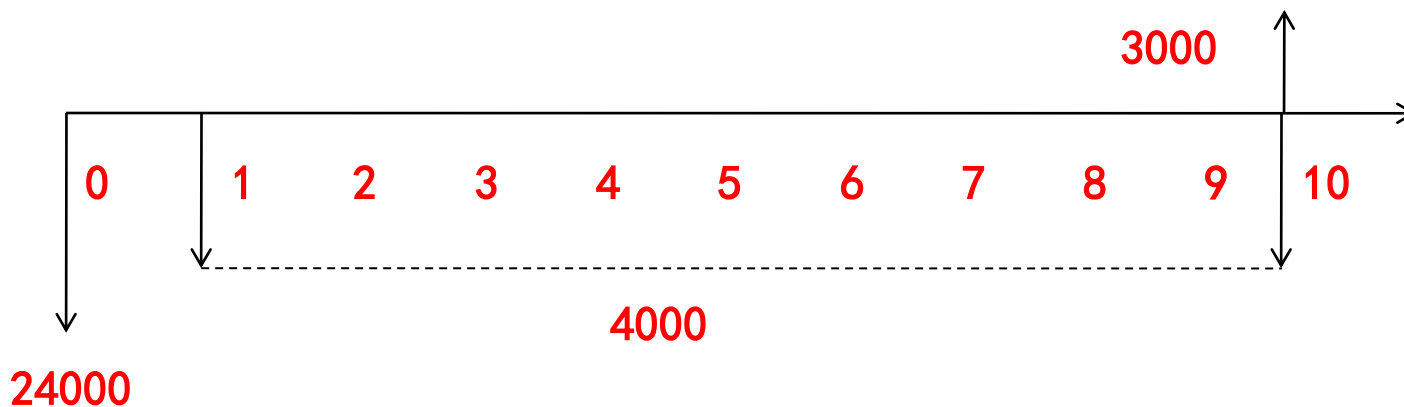
有旧设备的企业是否更新设备？

没有旧设备的企业是选择旧设备还是选择新设备？





$$AC_{\text{甲}} = 6000(A/P, 15\%, 6) - 2000(A/F, 15\%, 6) + 7000 = 8356.95(\text{元})$$



$$AC_{\text{乙}} = 24000(A/P, 15\%, 10) - 3000(A/F, 15\%, 10) + 4000 = 8634.29(\text{元})$$

$AC_{\text{甲}} < AC_{\text{乙}}$ ，则应该选择方案甲。



三、设备更新方案的比选

□ 设备更新方案的时机选择

- 方案1：现时点更换成新设备，此后每隔 N 年更新一次
- 方案2：现有设备再使用1年，1年后更新成新设备
- 方案3：现有设备再使用2年，2年后更新成新设备
- 方案 m ：现有设备再使用 m 年， m 年后更新成新设备



【例3】某设备目前的净残值为8000元，还能继续使用4年，保留使用的情况如下：

保留使用年数	1	2	3	4
年末净残值	6500	5000	3500	2000
年使用费用	3000	4000	5000	6000

新设备的原始费用为35000元，经济寿命10年，第10年年末的净残值为4000元，平均年使用费为500元，基准折现率是12%，问旧设备是否需要更换，如需更换何时更换为宜？



先判断是否需要更换：

$$\begin{aligned} AC_N &= [35000 - 4000(P/F, 12\%, 10)](A/P, 12\%, 10) + 500 \\ &= (35000 - 4000 \times 0.322) \times 0.17698 + 500 \\ &= 6466.35(\text{元}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC_O &= [8000 - 2000(P/F, 12\%, 4)](A/P, 12\%, 4) \\ &\quad + [3000(P/F, 12\%, 1) + 4000(P/F, 12\%, 2)](A/P, 12\%, 4) \\ &\quad + [5000(P/F, 12\%, 3) + 6000(P/F, 12\%, 4)](A/P, 12\%, 4) \\ &= 6574.23(\text{元}) \end{aligned}$$

$AC_N < AC_O$, 故旧设备应该更换。



然后判断何时更换为宜：

保留1年：

$$\begin{aligned} AC_o(1) &= [8000 - 6500(P/F, 12\%, 1) + 3000(P/F, 12\%, 1)](A/P, 12\%, 1) \\ &= 8000 \times 1.12 - 6500 + 3000 = 5460(\text{元}) \end{aligned}$$

$AC_N > AC_o(1)$, 故旧设备应该继续使用。

保留2年：

$$\begin{aligned} AC_o(2) &= [8000 - 5000(P/F, 12\%, 2)](A/P, 12\%, 2) \\ &\quad + [3000(P/F, 12\%, 1) + 4000(P/F, 12\%, 2)](A/P, 12\%, 2) \\ &= 5846.88(\text{元}) \end{aligned}$$

$AC_N > AC_o(2)$, 故旧设备应该继续使用。



保留3年:

$$\begin{aligned} AC_o(3) &= [8000 - 3500(P/F, 12\%, 3)](A/P, 12\%, 3) \\ &\quad + [3000(P/F, 12\%, 1) + 4000(P/F, 12\%, 2) + 5000(P/F, 12\%, 3)](A/P, 12\%, 3) \\ &= 6218.27(\text{元}) \end{aligned}$$

$AC_N > AC_o(3)$, 故旧设备应该继续使用。

保留4年:

$$\begin{aligned} AC_o(4) &= [8000 - 2000(P/F, 12\%, 4) + 3000(P/F, 12\%, 1)](A/P, 12\%, 4) \\ &\quad + [4000(P/F, 12\%, 2) + 5000(P/F, 12\%, 3) + 6000(P/F, 12\%, 4)](A/P, 12\%, 4) \\ &= 6574.23(\text{元}) \end{aligned}$$

$AC_N < AC_o(4)$, 故旧设备应该更换, 即使用3年后更换。



三、设备更新方案的比选

□ 租赁 VS 购买

- 租赁的基本概念
- 租赁的优缺点
- 租赁的经济分析
- 租赁与通货膨胀



三、设备更新方案的比选

□ 租赁的基本概念

- 设备租赁是指设备使用者按照合同规定，按期向设备所有者支付一定费用而取得设备使用权的一种经济活动。
- 租赁是一种合同，在这种合同中，一方获得另一方的设备的使用权并付给其租金。出租者对设备拥有所有权，并同时把它租给另一方，租用者是被出租设备的使用者。
- 常见的租赁方式有**经营租赁**和**融资租赁**。



三、设备更新方案的比选

□ 租赁的基本概念

- **融资租赁**：指出租人（一般指金融租赁公司或信托公司）根据承租人对供货人或出卖人的选择，从出卖人那里购买租赁物，提供给承租人使用，承租人支付租金的交易行为。
- **融资租赁合同不得随意撤销**
- 在租赁开始日最低租赁付款额现值或最低租赁收款额现值，不小于租赁资产原帐面价值90%以上的租赁。



三、设备更新方案的比选

□ 租赁的基本概念

- **经营租赁**：经营租赁一般由设备所有者（出租人）负责设备的维修、保养与保险，租赁的期限一定小于设备的寿命期，出租人和承租人通过订立租约维系租赁业务，承租人有权在租赁期限内预先通知出租人后解除租约。



三、设备更新方案的比选

□ 设备租赁的优缺点

■ 优点

- 适合于财力不足的中小型企业，不需要大量资金；
- 采用租赁方式，可以避免由于无形磨损带来的风险；
- 灵活的维修方式；
- 避免由于负债过多带来的负面影响；
- 能享受税收上的优惠。



三、设备更新方案的比选

□ 设备租赁的优缺点

■ 缺点

- 承租人对设备无所有权，不能随意处置；
- 比自己直接拥有设备情况下要更多的费用；
- 初期付款额度通常比较大；
- 不管企业的现金流量和经营状况如何，都要按时付租金。



三、设备更新方案的比选

□ 设备租赁的经济分析

- 在进行设备租赁的经济分析时，通常是将其与别的获得设备的方式进行比选，常用的指标有**费用现值**（使用期限相同时）或**费用年值**（寿命期不等时）。
- 在获知或能预测出其他现金流量的数据时也可用净现值或净年值进行比选。



三、设备更新方案的比选

□ 设备租赁的经济分析

■ 设备租赁的现金流量

净现金流量=（销售收入-经营成本-租赁费用）×（1-税率）

（1）租赁保证金

（2）租金

（3）担保费



三、设备更新方案的比选

□ 设备租赁的经济分析

■ 租金的计算

□ 附加率法

$$R = P \cdot \frac{(1 + N \cdot i)}{N} + P \times r$$

□ 年金法

$$R = P(A/P, i, N)$$



【例】某企业从设备租赁公司租借一台设备，设备的价格为68万元，租期5年，每年末支付租金，折现率10%，附加率4%。求每年的租金。

$$\begin{aligned} R &= P \cdot \frac{(1 + N \cdot i)}{N} + P \times r \\ &= 68 \times \frac{(1 + 5 \times 10\%)}{5} + 68 \times 4\% \\ &= 23.12(\text{万元}) \end{aligned}$$



【例】某企业从设备租赁公司租借一台设备，设备的价格为68万元，租期5年，每年末支付租金，折现率12%，试分别按每年年末、每年年初支付方式计算租金。

每年年末支付租金

$$R = 68 \times (A/P, 12\%, 5) = 18.86 \text{ (万元)}$$

每年年初支付租金

$$R = 68 \times (A/P, 12\%, 5) (1 + 12\%)^{-1} = 16.84 \text{ (万元)}$$

$$R = 68 \times (1 + 12\%)^4 (A/F, 12\%, 5) = 16.85 \text{ (万元)}$$



三、设备更新方案的比选

□ 设备购置的经济分析

■ 设备购置的现金流量

净现金流量=（销售收入-经营成本-设备购置费）
-（销售收入-经营成本-折旧）×税率



【例6】某企业需要某种设备，购置费10万元，若借款购买，每年按8%利率等额支付本利和，借款期和设备使用期均5年，期末设备残值5000元。企业所得税率33%，采用直线折旧，基准折现率10%。若租赁，每年租金28000元。试分析采用哪个方案更经济？

1、采用购置方案

此方案需要将折旧、利息的所得税排除

(1) 计算每年的折旧费

$$\text{年折旧费} = (100000 - 5000) \div 5 = 19000 \text{ (元)}$$



(2) 计算每年的借款利息

$$A = 100000 \times (A/P, 8\%, 5) = 25046 \text{ (元)}$$

$$\text{第1年的利息} = 100000 \times 8\% = 8000 \text{ 元}$$

$$\text{第1年的本金} = 25046 - 8000 = 17046 \text{ 元}$$

$$\text{第2年的利息} = (100000 - 17046) \times 8\% = 6636 \text{ 元}$$

$$\text{第2年的本金} = 25046 - 6636 = 18410 \text{ 元}$$

$$\text{第3年的利息} = (100000 - 17046 - 18410) \times 8\% = 5164 \text{ 元}$$

$$\text{第3年的本金} = 25046 - 5164 = 19882 \text{ 元}$$

$$\text{第4年的利息} = (100000 - 17046 - 18410 - 19882) \times 8\% = 3573 \text{ 元}$$

$$\text{第4年的本金} = 25046 - 3573 = 21473 \text{ 元}$$

$$\text{第5年的利息} = (100000 - 17046 - 18410 - 19882 - 21473) \times 8\% = 1855 \text{ 元}$$



(3) 经济比选

	1	2	3	4	5
折旧	19000	19000	19000	19000	19000
利息	8000	6636	5164	3573	1855



四、租赁与通货膨胀

- 通货膨胀的长期性和普遍性，使得如果设备租赁时间很长，在进行经济分析时就应该研究其影响。