

第四部分 工程经济学专题

第11章 更新决策

周光辉 教授

中国科学院大学经济与管理学院



缩小差距的成本

- 3英里长的塔潘泽大桥是每日运载客运和货运车辆通往纽约市进行工作的诸多通道之一，该大桥的重要性不言而喻。纽约国家铁路局近来由于面临严重的预算和资金不足，不得不选择：
 - 花巨资对该桥进行维修（每年花费约14.8亿美元）
 - 花数十亿美元修建一座全新大桥
- 2011年，联邦公路局以及联邦运输公司准许将该桥更新为仅供汽车和卡车通行的类型。这个方案目前的估计成本为52亿美元。该更新方案定于2013年开始施工。

- 在第4~6章中，我们提出了选择最佳投资方案的方法。在这些章节中我们探究的问题基本上属于盈利型项目，然而，对持有现有设施的项目或者是对利润维持性项目进行经济分析也是很常见的。利润维持型项目的首要目的不是增加销售额，而是为了维持项目的现有运作。在实际中，利润维持型项目较少会涉及到新旧设备的比较问题；相反，我们将一些问题分类为**更新分析**。这类问题通常会面临是购买更有效的新设备，还是继续使用现有设备这个管理难题。

11.1 更新分析基础

- 在接下来的3节中，我们将探究更新问题中的三个方面：
 - 旧设备与新设备的比较方法
 - 经济寿命的确定
 - 所要求经济服务寿命较长情况下的更新分析
- 在这三节中，营业税的管理规章不予考虑，11.4节将营业税的影响考虑在内，进而探究相关更新问题。

- 11.1.1基本概念和术语
- 更新项目，即涉及更新现有已废弃或是老化资产的决策问题。
- 持续运营依赖于这些资产，不合理的决策将会导致运营的减缓或停滞。问题在于应当何时将已有设备替换为更有效的新设备。当某件现有设备在未来的某一时刻所执行的任务已经没有意义或该任务能够被新的更好的设备来更有效地执行时，该设备将于那个时刻被移除。

- 那么问题是，为什么我们要选择在那个时刻将其废除而不是通过修理或是彻底检修来推迟设备的更换。旧设备与新设备的比较所涉及的另一个方面就是决定哪个设备是最好的新设备。如果旧设备终将被新设备更换，我们则期望从可能的选项中选择最佳新设备。

- **现行市场价值**
- 被用于更新分析中的旧设备的价值就是现行市场价值。在考慮现有设备更新中最常遇到的问题就是确定那些与当前的分析相关的财务信息。通常情况下，我们能轻易识别分析中是否包含了不相关的信息。下面通过例子来阐述这类决策问题。

• 例11.1 更新分析的相关信息

- 史蒂夫·霍斯曼是美国欧洲风尚（一家专营欧式风格家具的公司）的生产工程师。他正考虑更换一个3年前花了18000美元购买的1000磅容量的工业叉车。该叉车被用于将组装好的家具从成品车间运送到仓库。
- 目前，该叉车 不再可靠，待修期间经常发生故障，维修叉车将花费公司3000美元。维护费用逐步持续上涨。当该叉车无法使用时，公司必须租赁一个。

- 另外，该叉车燃料为柴油，工厂工人们对其造成的空气污染颇有微词。如果继续使用，该叉车急需工程大修来保证它的正常运行。大修行为既不会增加其原有的服务年限，也不会增加其原有价值。史蒂夫发现该叉车目前的账面价值为0美元（完全折旧），现行市场价值为7500美元。
- 史蒂夫考虑使用一个电力叉车替代该叉车，这样就可以完全消除空气污染问题。新的电力叉车报价为20000美元。设备的经销商给予史蒂夫8000美元的换购价。在我们的分析中，该旧设备的哪些数据与分析相关？

- 分析
 - 已知：旧设备的财务数据及其历史资料
 - 求：确定相关关系并给出最优更新决策的所有成本信息。
- 求解
 - 用排除法进行求解。
 - 例子中给出了与旧设备相关的4个不同的金钱数据。
 - 原始成本：18000美元
 - 市场价值：7500美元
 - 账面价值：0美元
 - 换购价：8000美元

○ 在所有的更新分析中，相关成本是设备的**现行市场价值**。原始成本、维修成本、换购价是不相关的。一个常见的理解误区就是认为换购价与设备现行市场价值是相同的，因此可以利用换购价赋予该设备一个合理的现行价值，但事实并非如此。在很多例子中，换购价是被抬高的，以此来补偿经销商的抵换成本。这种情况下，换购价不代表真正的价值，经济分析中不应该使用。

- **沉没成本**
- 不受未来投资决策影响的一类历史成本。在正确的工程经济分析中，只需考虑未来成本；过去的被称作沉没成本，是忽略不计的。因此，被用于更新分析中的旧设备的价值就应该是现行市场价值，而不是旧设备初始购置成本，也不是已付的维修成本。
- 沉没成本指的是已经花费的钱，当前没有任何举措能够弥补。这些成本是过去决策的结果。在制定经济决策时，我们必须仅考虑未来的结果，以期望做出未来可能结果最好的决策，将沉没成本包含到决策过程中只会导致更多拙劣的决策。

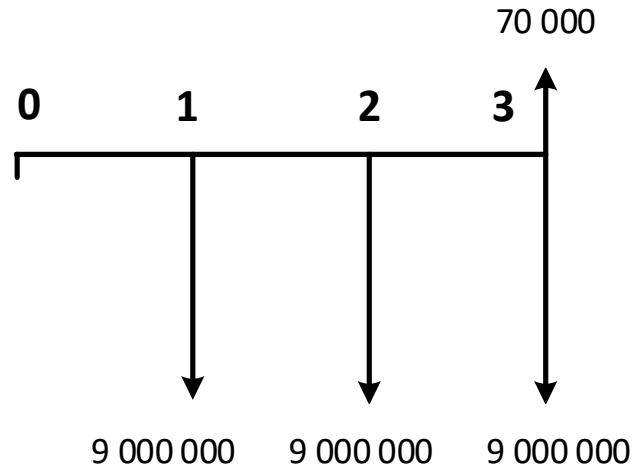
- **运营成本**
- 随着时间的流逝，运行某一现有设备将变得越来越昂贵，这是做出更新该设备决定的主要原因。运行一件设备的总成本包括修理和维修成本、操作人员的工资、能源消耗成本及材料成本。这些成本中的一项或几项随时间增加的话，都可能会导致我们想要更换现有资产。
- 不论我们选择哪几项成本作为运营成本进行分析，都有必要在旧设备和新设备分析中使用相同的成本项目。

- 11.1.2 新旧设备的比较方法
- 尽管更新项目属于我们在第5章学习过的互斥项目的一个分支，但是其拥有一些特征，使得我们在对其评估中需要使用专用概念和分析技术。我们考虑两种基本的方法来分析更新问题：现金流量法和机会成本分析法。首先考虑旧设备和新设备具有相同使用期限的更新问题。

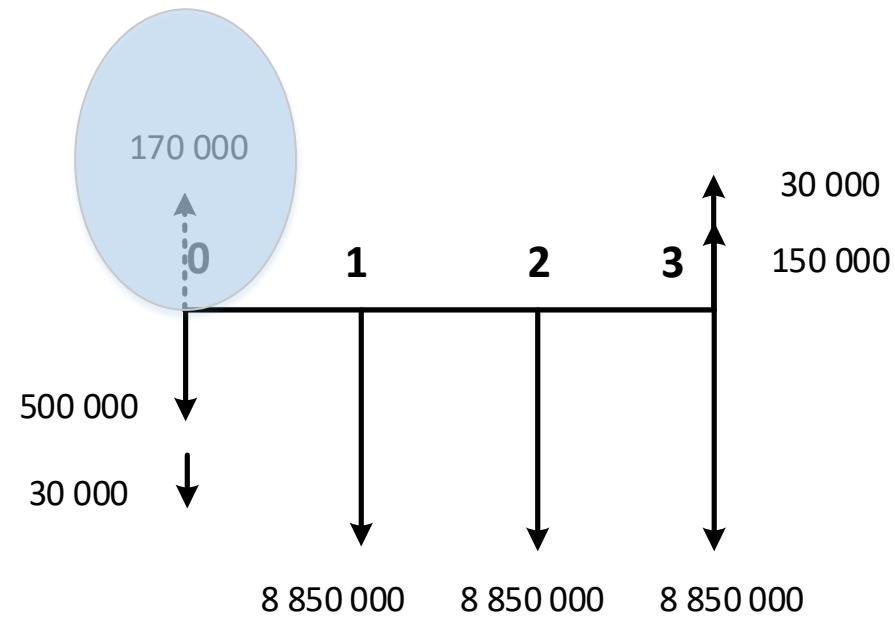
- **现金流量法**
- 适用于所有替换方案具有相同分析期的情形。
- 应用PW或AE值对每一个替换方案的实际现金流量序列进行比较。
- **例11.2 使用现金流量法进行更新分析**
 - Adams公司正考虑购买一项拥有先进技术的设备来降低产品线的生产成本。第3年年末，管理者将关闭该生产线并清算剩余资产。该项目需要工厂进行500000美元的升级和设备投资，并另外需要投资30000美元用于营运资本，这两项投资将于第3年末全部收回。

- 在其3年的寿命周期中，新设备将有效减少劳动力和原材料消耗，从而降低9000000到8850000美元的运营成本。预计该设备在第3年年末将以150000美元的价格卖出。如果购买新设备，那么旧机器将以170000美元的价格卖给另一家公司，而不是用于抵换新设备。如果继续持有该旧机器3年，其残值将下降到70000美元。
- Adams的管理者使用10%的利率对现金流量进行折现。不考虑任何税款，判断现在更新旧设备是否合理。

- 分析
 - 已知：旧设备和设备的财务数据， $N = 3$ 年， $i = 10\%/\text{年}$ 。
 - 求：是否应该现在更新旧设备。
- 求解：
 - 用现金流量法求每种方案的现值，然后分别计算其费用年值。
 - (a) 方案1：保留旧设备
 - 如果继续持有旧设备，目前就不会有额外的现金流出。该机器处于良好的运营状态。接下来3年内每年的运营成本为9000000美元，从现在起，第3年末该设备的残值为70000美元。



旧设备



新设备

- 方案2：卖掉旧设备，购买新设备
- 如果选择该方案，旧设备（D）将以170000美元的价格被卖出。新设备（C）的成本为530000美元。那么，该方案初始现金流为
$$-530000 + 170000 = -36000\text{美元}$$
- 新设备的年营运成本为8850000美元。3年后新设备的残值为150000美元。30000美元的运营资本也全部被收回。用这些现金流量值求得每种方案的现值，然后分别求出个方案的费用年值。
- 现在可以用这些现金流量值来求得每种方案的现值，然后分别用该值求出各方案的费用年值。

○对于旧设备

$$PW(10\%)_D$$

$$= -9000000(P/A, 10\%, 3) + 70000(P/F, 10\%, 3) = -22329076(\text{美元})$$

$$AEC(10\%)_D = 22329076(A/P, 10\%, 3) = 8978852 \text{美元}$$

○对于新设备

$$PW(10\%)_C$$

$$= -360000 - 8850000(P/A, 10\%, 3) + 180000(P/F, 10\%, 3) = -22233402 \text{美元}$$

$$AEC(10\%)_C = 22233402(A/P, 10\%, 3) = 8940380 \text{美元}$$

○由于新设备比旧设备每年少花费38472美元，故应该现在更新旧设备。

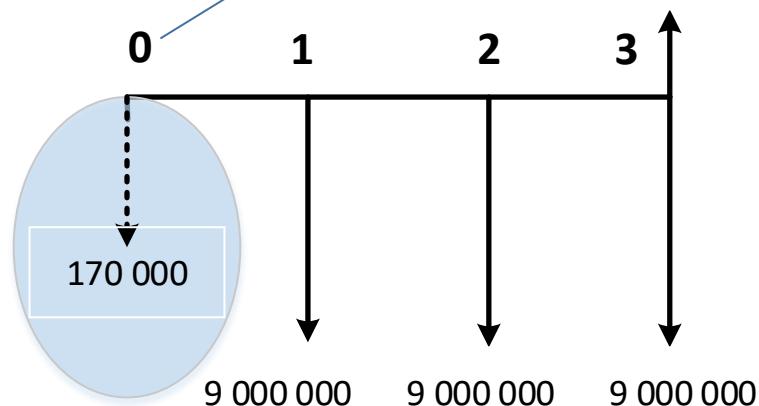
- **机会成本分析法**
- 将残值作为旧设备的现金流出（或是作为保留旧设备所需要的投资）。
- 在更新分析中，当旧设备与新设备具有不同的生命周期时，机会成本分析法更常用。

例11.3 用机会成本分析法进行更新分析

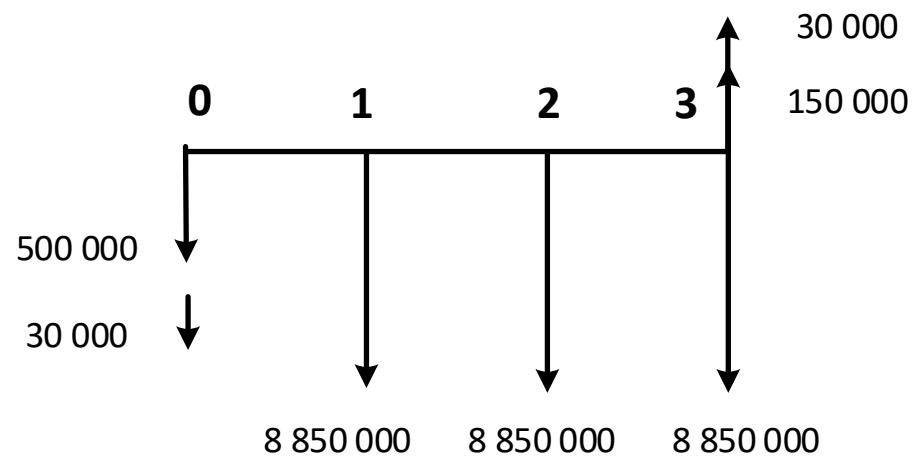
- 使用机会成本分析法重新计算例11.2。
- 分析：
 - 回顾例11.2中所使用的现金流量法，将出售旧设备所得的170 000美元收益纳入购买新设备的5 000 000美元中。假设决策是持有旧设备，则无初始现金流出。
 - 已知：旧设备和新设备的财务数据， $N = 3$ 年， $i = 10\%/\text{年}$ 。
 - 求：是否应该现在更新旧设备。

- 求解：
 - 使用*PW*或*AE* 分析来决定最优方案。
 - 在机会成本分析方法中，如果决策是持有旧设备，其170000美元的现有残值将被视为已发生的成本。
 - 由于经济寿命是相同的，我们既可以用*PW*也可以用*AE*分析来寻求最优方案。

出售旧设备所获得的销售收入被认为是持有设备的机会成本



旧设备



新设备

① 旧设备

$$\begin{aligned} PW(10\%)_D &= -170\,000 - 9\,000\,000(P/A, 10\%, 3) + 70\,000(P/F, 10\%, 3) \\ &= -22499076 \text{ 美元} \\ AEC(10\%)_D &= 22\,499\,76(A/P, 10\%, 3) = 9047212 \text{ 美元} \end{aligned}$$

② 新设备

$$\begin{aligned} PW(10\%)_C &= -530000 - 8850000(P/A, 10\%, 3) + 180000(P/F, 10\%, 3) \\ &= -22403402 \text{ 美元} \\ AEC(10\%)_C &= 22403402(A/P, 10\%, 3) = 9008740 \text{ 美元} \end{aligned}$$

③ 决策结果与上例相同。此刻应当更新旧设备。

11.2 经济寿命

- 拥有和运营一项资产的成本可以被分为两类：资本成本和运营成本。通过分析作为持有期函数的这两项成本之和，可以很容易确定经济寿命。
- **资本（所有权）成本**
- 包括初始投资及处置时的残值两部分。新设备的初始投资仅仅是它的购置价格。而对旧设备而言，我们需要将它的机会成本（现行市场价值）作为初始投资。

$$\begin{aligned} CR(i) &= I(A/P, i, N) - S_N(A/F, i, N) \\ &= (I - S_N)(A/P, i, N) + iS_N \end{aligned}$$

- 其中， N 为持有设备的时间长度（以年为单位）； I 代表初始投资， S_N 为 N 年持有期末的残值。
- 一般来说，设备越老旧，其残值越小。只要残值小于初始成本，资金回收成本就是 N 的一个减函数。也就是说，我们持有设备的期限越长，资金回收成本就越低。如果残值与初始成本相等，那么无论持有该设备多长时间，其资本成本都是一个常数。

• **运营成本**

- 运营和维护（O&M）成本近似于设备年龄的增函数。
由于O&M成本的增长趋势，资产运营总成本（OC）通常随着设备年龄而增长。

$$OC(i) = \sum_{n=1}^N OC_n(P/F, i, n)(A/P, i, N)$$

- 其中， OC_n 为持有机第 n 年的总运营成本， $OC(i)$ 表示 N 年期的运营成本年值。

- **经济寿命**
- 含义：持有和运营一项资产的总费用年值(AEC)是资金回收成本和运营成本年值之和。

$$AEC(i) = CR(i) + OC(i)$$

- 资产的经济寿命是使持有和运营该项资产的费用年值（不变价格）最小的寿命期。在这里我们假设AEC有唯一极小值点，这里列出以下几种经济寿命周期易于被确定的一些特殊情况。

- 如果残值是固定的且等于初始成本，年运营成本随时间递增，那么AEC是N的增函数，且在N=1时取得最小值。此时应尽快替换该资产。
- 如果年运营成本固定不变且残值小于初始投资，并随时间递减，则AEC是N的减函数。此时应尽可能推迟资产的替换。
- 如果残值是固定的且等于初始成本，且年运营成本也是固定不变的，那么AEC也保持不变。此时何时替换该设备都可以。

- **资本成本:**

$$\begin{aligned} \text{CR}(i) &= I(A/P, i, N) - S_N(A/F, i, N) \\ &= (I - S_N)(A/P, i, N) + iS_N \end{aligned}$$

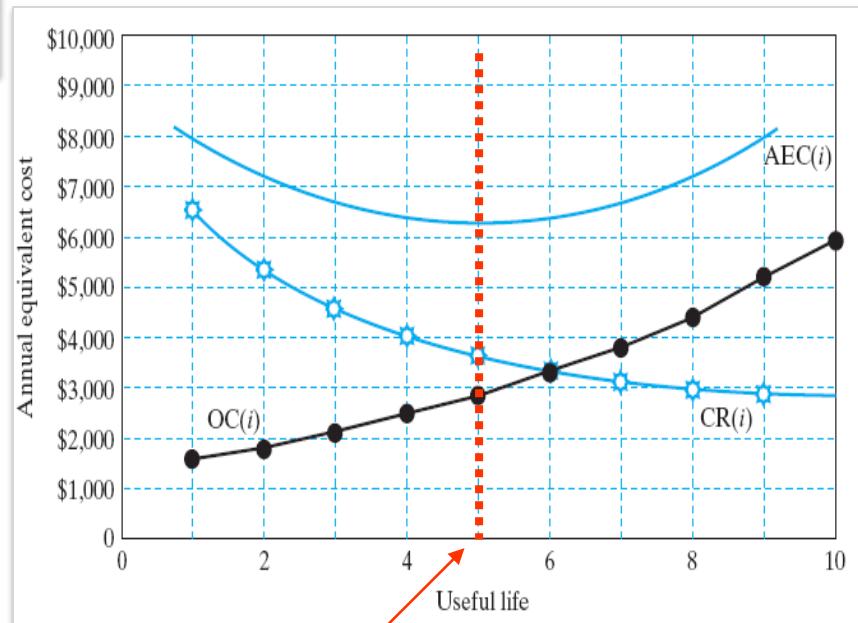
- **运营成本:**

$$\text{OC}(i) = \left(\sum_{n=1}^N \text{OC}_n(P/F, i, n) \right) (A/P, i, N)$$

- **总成本:**

$$\text{AEC}(i) = \text{CR}(i) + \text{OC}(i)$$

- **目标:** 求 n^* , 使
AEC(i) 最小



• 例11.4 叉车的经济寿命

- 假设例11.1中描述的叉车的一个新设备是新的电动叉车，其购置成本为20000美元，第1年的运营成本为6000美元，第1年年末的残值为14000美元。剩余使用年限中，每年的运营成本（包括所有由于维修所造成的生产力损失）均比上1年的运营成本增加25%。同样，每年的残值均比上1年降低30%。叉车具有最大8年的寿命，期间无需任何大型的发动机检修。公司要求收益率为12%。求新机器的经济寿命，不考虑任何所得税。

- 分析：
 - 已知：市场价值的变化情况及运营和维护（O&M）成本，8年的使用年限， $i = 12\%$ 。
 - 求：经济寿命。
- 求解：
 - 画出1年、2年、3年和8年更新周期的现金流量图。

⑤ $N = 1$ (1年更新周期)

该情形下，购买设备使用1年，并在第1年年末卖出。

$$AEC(12\%)$$

$$= (20\ 000 - 14\ 000)(A/P, 12\%, 1) + (0.12)(14\ 000) + 6\ 000$$

$$= 14400 \text{美元}$$

⑥ $N = 2$ (2年更新周期)

$$AEC(12\%)$$

$$= (20\ 000 - 9\ 800)(A/P, 12\%, 2) + (0.12)(9\ 800)$$

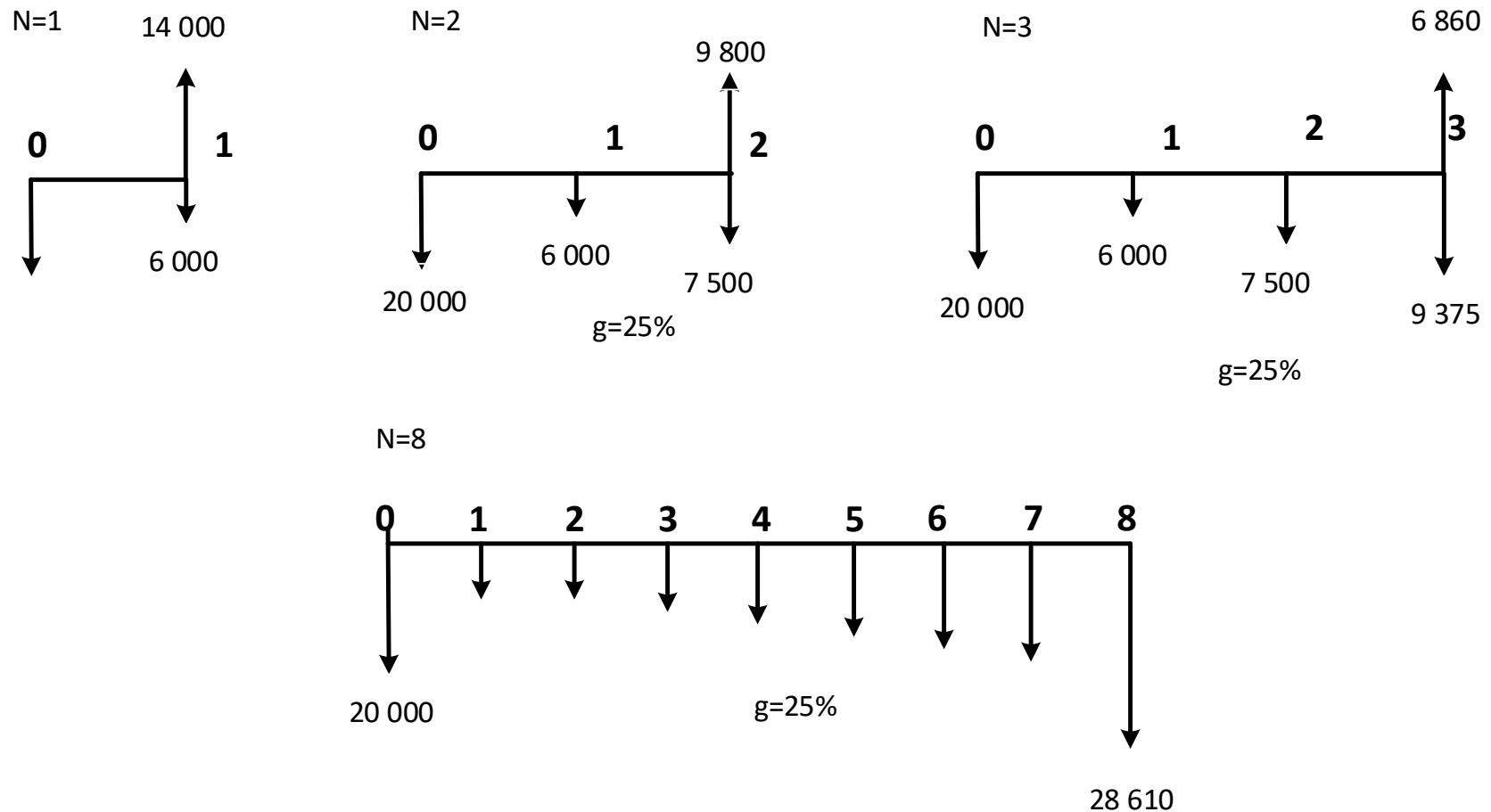
$$+ 6\ 000(P/A_1, 25\%, 12\%, 2)(A/P, 12\%, 2) = 13\ 919 \text{美元}$$

- $N = 3$ (3年更新周期)

$AEC(12\%)$

$$\begin{aligned} &= (20\ 000 - 6860)(A/P, 12\%, 3) + (0.12)(6860) \\ &+ 6\ 000(P/A_1, 25\%, 12\%, 3)(A/P, 12\%, 3) = 13\ 792 \text{美元} \end{aligned}$$

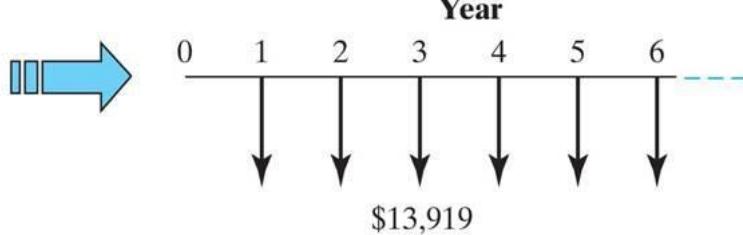
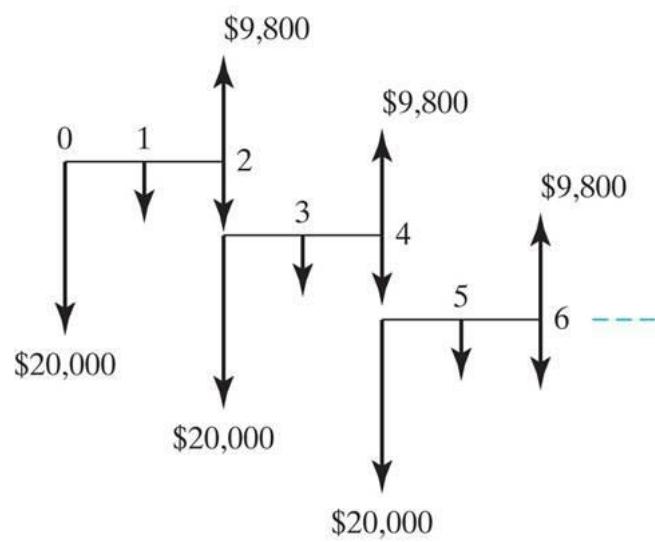
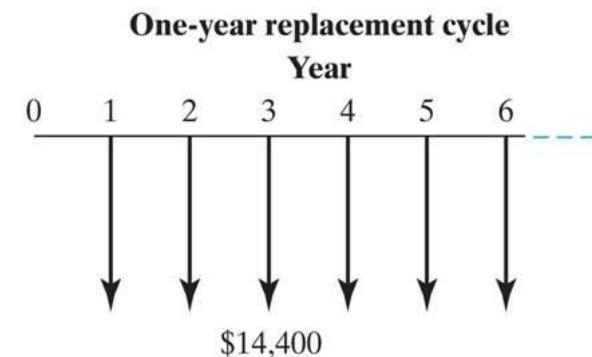
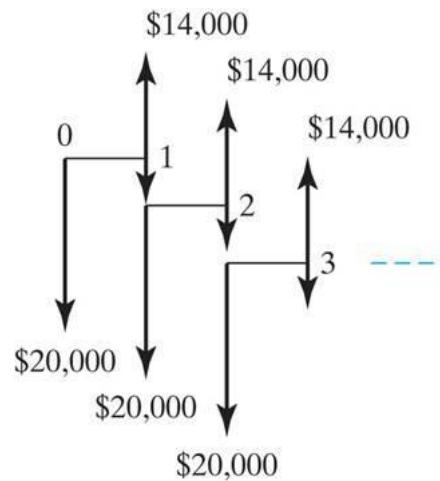
- 类似地，我们可以计算方案在其他持有资产时间下的方案的费用年值。
- 不同情形下所计算的费用年值如下表所示。
- 当 $N=3$ 时， $AEC(12\%)$ 最小。如果叉车没3年更换一次，那么费用为13972美元。如果卡车使用时间为其他年限，费用年至都高于13792美元。因此，叉车的3年寿命周期将产生最低的年度成本。可以得出，该叉车的经济寿命为3年。按照3年寿命周期，持续的更换资产，将得到最小的费用年值流。



持有资产1年、2年、3年和8年四种方案的现金流量图， g 代表一个几何级数。

Economic Service Life Calculation for Electric Fork Lift Truck

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Annual changes in MV		-30%			
3		Annual increases in O&M		25%			
4		Interest rate		12%			
5							
6	n	Market Value	O&M Costs	CR(12%)	OC(12%)	AEC(12%)	
7							
8	0	\$20,000					
9	1	\$14,000	\$6,000	\$8,400	\$6,000	\$14,400	
10	2	\$9,800	\$7,500	\$7,211	\$6,708	\$13,919	
11	3	\$6,860	\$9,375	\$6,294	\$7,498	\$13,792	
12	4	\$4,802	\$11,719	\$5,580	\$8,381	\$13,961	
13	5	\$3,361	\$14,648	\$5,019	\$9,368	\$14,387	=D16+E16
14	6	\$2,353	\$18,311	\$4,575	\$10,470	\$15,044	
15	7	\$1,647	\$22,888	\$4,219	\$11,701	\$15,920	
16	8	\$1,153	\$28,610	\$3,932	\$13,075	\$17,008	
17							
18							
19							
20		=B15*(1+\$D\$2)	=C15*(1+\$D\$3)		=-PMT(\$D\$4,A16,NPV(\$D\$4,\$C\$9:C16),0)		
21							
22					=-PMT(\$D\$4,A16,\$B\$8,-B16)		
23							
24							



11.3 所需寿命期很长时的更新分析

- 目前，我们已经了解了如何计算资产的经济寿命，接下来的问题是如何通过这些信息来确定是否应当立即更新旧设备。如果当前时机不对，那么何时才是最优更新时间？
- 11.3.1 必要的假设条件和决策框架

- 对于确定旧设备的更新时间，需要考虑如下3个因素：
- **决策期**
- 依据决策期，确定旧设备和未来新设备的服务寿命。
- **技术**
- 技术的变迁与旧产品的更新换代有密切关系。

- **相关现金流量信息**
- 具体的情况决定了更新分析是以成本最小化还是利益最大化的方向进行求解。
- **决策标准**
- 无限期时采用AEC法；有限期时采用PW法。

- 11.3.2 寿命期不同时的更新分析
- 在这里介绍一种特殊情况，即仅在使用机会成本分析法时，年限不等的AE值可以给出有效结果。
- 当旧设备的剩余使用寿命比新设备短时，使用AE的隐含假定是，在进行初始决策之后，我们用与新设备类似的设备进行永久替代。

- 在旧设备剩余使用寿命之后，AE成本法对于任何一个资产的无限序列都是相同的。
- 因此，可以直接将旧设备在剩余使用寿命期中的AEC值与新设备经济寿命周期内的AEC值进行比较。

- 11.3.3 规划期无限长时的更新策略
- 在规划期无限的情况下，服务需要进行很长时间，可以继续使用旧设备来提供这项服务，或是用最佳可得的新设备替换掉旧设备，根据以下步骤进行更新分析：
 - (1) 计算旧设备和新设备的经济寿命。用 N_D^* 和 N_C^* 分别代表旧设备和新设备的经济寿命。在其经济寿命周期内，旧设备各自的费用年值分别用 AEC_D^* 和 AEC_C^* 表示。

- (2) 比较 AEC_D^* 和 AEC_C^*
 - 如果 $AEC_D^* > AEC_C^*$ ，那么保留旧设备的成本要大于新设备，因此，新设备应在现在替换旧设备。
 - 如果 $AEC_D^* < AEC_C^*$ ，那么保留旧设备的成本要小于新设备，因此，旧设备不应在此时被替换。在没有技术变革的情况下，应该继续使用旧设备直至其达到经济寿命。
- (3) 如果现在不更新旧设备，那么应该进行更新呢？首先，应该继续使用它直至其经济寿命结束。然后，计算在其经济寿命结束后再持有使用1年的成本。如果这个成本

- AEC_C^* 高，需在其经济寿命年限末更新旧设备，否则，我们应该计算经济寿命年限外第二年持有旧设备所需花费的成本。如果该成本比 AEC_C^* 高，需在经济寿命年限之后的第1年末更新旧设备。持续该过程，直至找到最优的替换时间，这种方法叫作边际分析，也就是说，计算旧设备再保留使用1年所增加的运营成本。分析延长使用旧设备1年所付出的成本是否会超过推迟购买新设备所节约的成本。

计算旧设备和
新设备各自经
济服务周期内
的AEC

比较AEC

何时更换旧
设备？

计算 AEC_D^* 和 AEC_C^*

$AEC_D^* > AEC_C^*$

现在更换

$AEC_D^* < AEC_C^*$

边际分析决定最佳
时间

规划期无限长的情况下比较新旧设备的逻辑步骤

- **例11.5 规划期无限长时的更新分析**
 - 通用公司 (GEC) 正考虑更新一个旧的垂直气缸珩磨机，该机器被用于汽车和拖拉机钻孔步骤之后的珩磨。GEC正考虑两种选择方案。
 - 方案1：保留这台旧的珩磨机。如果保留的话，通过合理的维护，这台旧机器可以被继续使用6年。该公司并不期望废弃这台机器后获得任何残值。机器的市场价值与前一年相比预计每年下降25%。预计该机器的运营成本第1年为3500美元，之后每年会增加1000美元。

- 方案2：或者，该公司可以以4000美元的价格将旧机器卖给行业内的另一家公司。然后以12000美元的价格买入一台新机器，第1年的运营成本为2300美元，之后每年增长20%。新机器1年后的残值为8000美元，随后每年下降30%.
- 该公司的税前要求收益率为12%。求每种选择方案的经济寿命周期，并决定应该何时更换旧设备。不考虑任何所得税的影响。

- 分析：
 - 已知：旧设备和新设备的财务数据。
 - 求： (a) 旧设备和新设备的经济寿命； (b) 何时更新旧设备。

- 求解：
 - 使用Excel工作表确定每种方案的经济寿命周期并进行比较。

- ① (a) 经济寿命
- ② 旧设备：如果公司保留就珩磨机，事实上就意味着其放弃了兑现该机器市场价值的机会，也就是说该机器的机会成本为4000美元。旧设备的其他数据汇总如下：

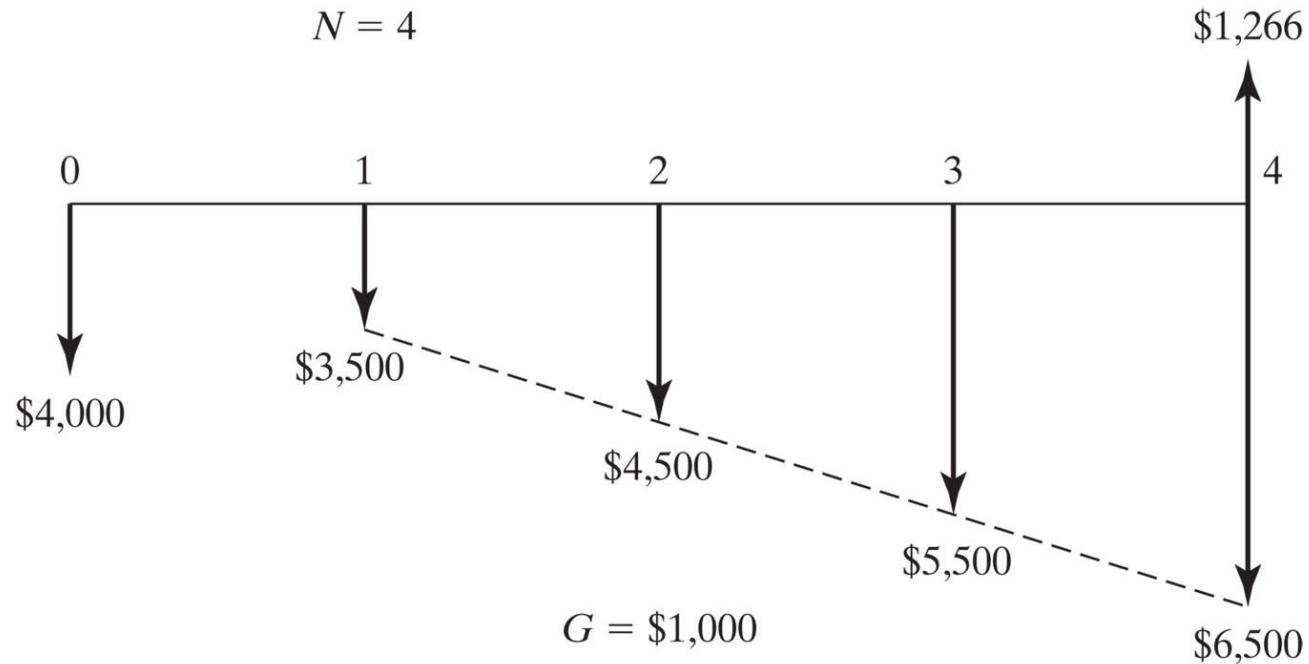
n	预测的运营成本 (美元)	处置市场价值 (美元)
0		4000
1	3500	3000
2	4500	2250
3	5500	1688
4	6500	1266
5	7500	949
6	8500	712

- 我们可以分别计算保留旧设备1年、2年、3年及其他费用年值。
可以利用下式进行求解：

$$\begin{aligned}AEC(12\%)_N \\= 4000(A/P, 12\%, N) - 4000(1 - 0.25)^N(A/F, 12\%, N) + 3500 \\+ 1000(A/G, 12\%, N)\end{aligned}$$

- 当 $N = 4$ 时，

$$AEC(12\%)_N = 4000(A/P, 12\%, 4) - 4000(1 - 0.25)^4(A/F, 12\%, 4) + 3500 + 1000(A/G, 12\%, 4) = 5911 \text{ 美元}$$



上图为 $N = 4$ 时的现金流量图。图中G代表的是梯度值。
当 $N = 1$ 时， AEC 值最小。因此旧设备的经济寿命为1年，

$$N_D^* = 1\text{年}$$

且

$$AEC_D^* = 4980 \text{ 美元}$$

◎新设备：新设备的经济寿命可以用例11.4中相同的方法求得。

计算新设备AEC的等式总结如下：

$$\begin{aligned} & AEC(12\%)_N \\ &= 12\,000(A/P, 12\%, N) - 8000(1 - 0.30)^{N-1}(A/F, 12\%, N) \\ &+ 2300(P/A_1, 20\%, 12\%, N)(A/P, 12\%, N) \end{aligned}$$

◎AEC不一定必须要用这种形式表示，我们所做的仅仅是逐年计算两个不同的成本要素——所有权成本（资本成本）， $CR(12\%)$ ，以及运营成本， $OC(12\%)$ 。

- 因此，新设备的经济寿命为5年，即

$$N_C^* = 5 \text{ 年}$$

且

$$AEC_C^* = 6312 \text{ 美元}$$

- (b) 旧设备而应该现在更新吗？
- 由于 $AEC_D^* = 4980 < AEC_C^* = 6312$ 美元，答案是旧设备不应该现在更新。如果在接下来的几年内没有发生技术进步，应该至少继续持有旧设备1年。

- 旧设备应该何时被更换？

- 问题在于是否应该在旧设备的经济寿命周期末对其进行替换。

很快我们就会发现，在其经济寿命周期结束时更新旧设备并不是最好的选择。

- 现在如果想要知道该问题的答案，必须计算从现在开始的第二年保留和使用旧设备所需的成本。也就是，不在第一年末更新旧设备，而是在第二年继续使用，并在第二年年底才更新旧设备的成本是多少？该问题的相关现金流量如下：

- 第一年末的机会成本，等于其市场价值3000美元
- 第二年的运营成本：4500美元
- 第二年年底的市场价值：2250美元
- 由下图可见，在旧设备经济寿命期外使用其1年的成本为：
- $3000 \times 1.12 + 4500 - 2250 = 5610$ 美元
- 将该成本与 AEC_C^* 对比，可知其小于 $AEC_C^* = 6312$ 美元，所以第二年继续持有旧设备的成本要低于更新它。因此结论是在其经济寿命周期外仍保留该旧设备。

- 由于第二年的成本仍小于 AEC_C^* ，接着需要计算第三年的使用成本，然后与 AEC_C^* 进行比较。

$$2250 \times 1.12 + 5500 - 1688 = 6332 \text{ 美元}$$

- 对第三年来说，保留旧设备的成本比更换要高，意味着我们应该在第二年年底更新旧设备。

Economic Service Life Calculation for Defender

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Annual changes in MV		-25%			
3		Annual increases in O&M		\$1,000			
4		Interest rate		12%			
5							
6	n	Market Value	O&M Costs	CR(12%)	OC(12%)	AEC(12%)	
7							
8	0	\$4,000					
9	1	\$3,000	\$3,500	\$1,480	\$3,500	\$4,980	
10	2	\$2,250	\$4,500	\$1,305	\$3,972	\$5,277	
11	3	\$1,688	\$5,500	\$1,165	\$4,425	\$5,590	
12	4	\$1,266	\$6,500	\$1,052	\$4,859	\$5,911	
13	5	\$949	\$7,500	\$960	\$5,275	\$6,235	
14	6	\$712	\$8,500	\$885	\$5,672	\$6,557	
15							
16							
17							
18							
19		=B13*(1+\$D\$2)					
20			=C13+\$D\$3				
21				=-PMT(\$D\$4,A14,NPV(\$D\$4,\$C\$9:C14)+\$C\$8,0)			
22							
23				=-PMT(\$D\$4,A14,\$B\$8,-B14)			
24							

=D14+E14

=B13*(1+\$D\$2)

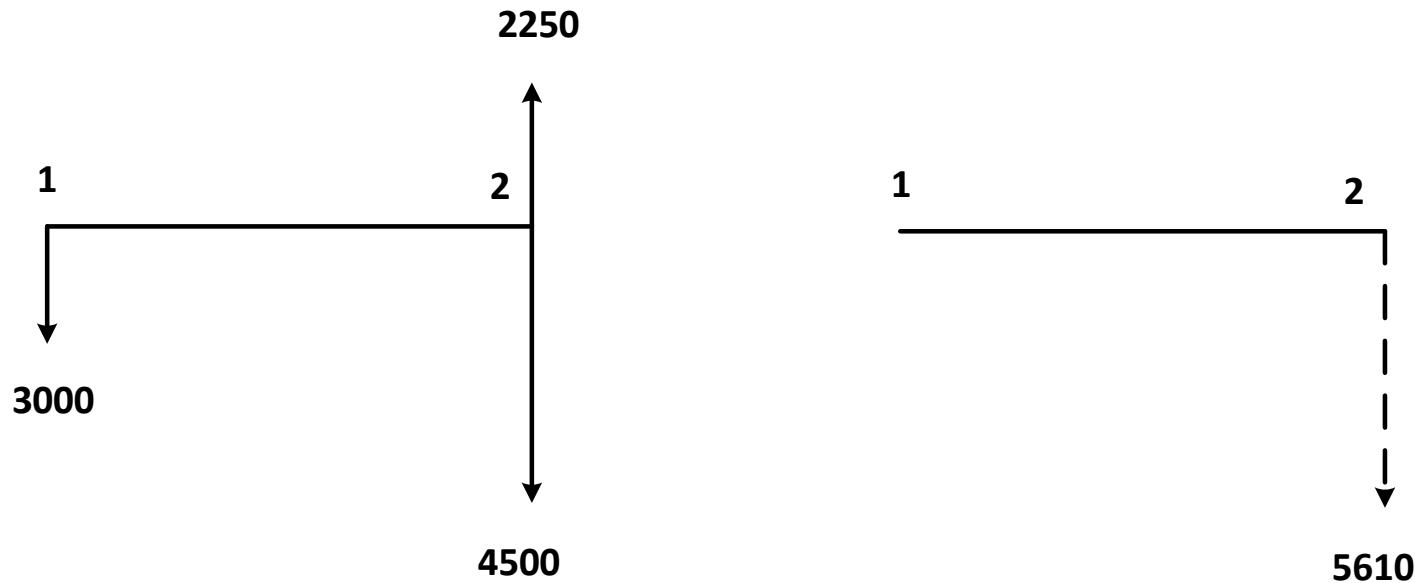
=C13+\$D\$3

=-PMT(\$D\$4,A14,NPV(\$D\$4,\$C\$9:C14)+\$C\$8,0)

=-PMT(\$D\$4,A14,\$B\$8,-B14)

Economic Service Life Calculation for Challenger

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Annual changes in MV		-30%			
3		Annual increases in O&M		20%			
4		Interest rate		12%			
5							
6	n	Market Value	O&M Costs	CR(12%)	OC(12%)	AEC(12%)	
7							
8	0	\$12,000					
9	1	\$8,000	\$2,300	\$5,440	\$2,300	\$7,740	
10	2	\$5,600	\$2,760	\$4,459	\$2,517	\$6,976	
11	3	\$3,920	\$3,312	\$3,834	\$2,753	\$6,587	
12	4	\$2,744	\$3,974	\$3,377	\$3,008	\$6,385	
13	5	\$1,921	\$4,769	\$3,027	\$3,285	\$6,312	=D16+E16
14	6	\$1,345	\$5,723	\$2,753	\$3,586	\$6,339	
15	7	\$941	\$6,868	\$2,536	\$3,911	\$6,447	
16	8	\$659	\$8,241	\$2,362	\$4,263	\$6,625	
17							
18							
19		=B15*(1+\$D\$2)	=C15*(1+\$D\$3)		=-PMT(\$D\$4,A16,NPV(\$D\$4,\$C\$9:C16),0)		
20					=-PMT(\$D\$4,A16,\$B\$8,-B16)		
21							
22							
23							
24							



- 步骤1：计算经济使用寿命外保留旧设备1年的等值成本，即从1到2
- 步骤2：将该成本与 AEC_C^* 进行比较
- 结论：由于再保留旧设备1年不如用新设备将其更换昂贵，因此应在旧设备经济使用寿命之外仍然保留

决定新设备更换旧设备最佳时间的边际分析

- ## 11.4 考虑税收的更新分析
- 为了将本章中涉及的概念和方法应用到对旧设备与新设备的税后比较，我们需要综合考虑资产处置时利得的税收影响。在分析中，综合考虑折旧费和运营成本的税收效应，以决定是保留旧设备还是购买新设备。
- 更新决策分析所需的信息包括折旧计划以及资产处置时的应税收入或损失。需要注意的是，资产购置时即可确定折旧计划，而处置资产时的所得税效应由现行税法决定。我们由以下例子说明如何基于税收进行更新决策分析。

例11.6 无限研究期下的更新决策分析

- 回顾例11.5，通用公司正在考虑是否更新一台损坏的旧探测设备。
补充数据如下：
- 旧设备已经完全折旧，所以账面价值为0.该设备还可以继续使用6年，6年后设备残值为0.
- 新设备将按7年修正加速成本回收法（MACRS）折旧。
- 边际所得税率是40%，税后最低期望收益率（MARR）为12%。
求每种方案的经济寿命周期，并且决策何时更新旧设备。

- 分析：
 - 已知：上例中的财务数据， $i = 12\%$ ，税率= 40%，税后最低期望收益率*MARR* = 10%。
 - 求： (a) 新设备和旧设备的经济寿命； (b) 更新旧设备的最优时间。
- 求解：
 - 采用Excel计算旧设备和新设备的经济寿命，并比较计算结果。

- (a) 经济寿命
- 旧设备：旧设备已经完全折旧，所以所有的残值都可以视为普通利得，税率为40%，税后残值显示如下：

N	现行市场价值 (美元)	税后残值 (美元)
0	4000	$4000(1-0.40)=2400$
1	3000	$3000(1-0.40)= 1800$
2	2250	$2250(1-0.40)= 1350$
3	1688	$1688(1-0.40)= 1013$
4	1266	$1266(1-0.40)= 760$
5	949	$949(1-0.40)= 569$
6	712	$712(1-0.40)= 427$

- 如果公司决定保留该探测设备，实际上也就是决定投资其现行市场价值（税后）于该方案。虽然公司美元发生实际的现金流量，但实际上放弃了该探测设备的市场价值收入（机会成本）。税后的运营和维修成本如下表：

N	预计运营和维修成本 (美元)	税后运营和维修成本 (美元)
0		
1	3500	$3500(1-0.40)= 2100$
2	4500	$4500(1-0.40)= 2700$
3	5500	$5500(1-0.40)= 3300$
4	6500	$6500(1-0.40)= 3900$
5	7500	$7500(1-0.40)= 4500$
6	8500	$8500(1-0.40)= 5100$

○将设备目前的市场价值作为保留旧设备的投资，得到的数据见下表，结论显示在没有新设备的情况下应继续使用旧设备1年。应当注意的是，我们采用10%的折现率（代替12%）来反映税后要求收益率。

Economic Service Life Calculation for Defender with Income-Tax Consideration

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Annual changes in MV		-25%				
3	Annual increases in A/T O&M		\$600				
4	Interest rate (After tax)		10%				=C10+\$D\$3
5							
6		After-Tax	After-Tax				
7	n	Market Value	O&M Costs	CR(10%)	OC(10%)	AEC(10%)	
8							
9	0	\$2,400					
10	1	\$1,800	\$2,100	\$840	\$2,100	\$2,940	
11	2	\$1,350	\$2,700	\$740	\$2,386	\$3,126	
12	3	\$1,013	\$3,300	\$659	\$2,662	\$3,321	=D10+E10
13	4	\$759	\$3,900	\$594	\$2,929	\$3,522	
14	5	\$570	\$4,500	\$540	\$3,186	\$3,726	
15	6	\$427	\$5,100	\$496	\$3,434	\$3,930	
16							
17							
18							
19			=B9*(1+\$D\$2)				
20				=-PMT(\$D\$4,A10,NPV(\$D\$4,\$C\$10:C10)+\$C\$9,0)			
21							
22				=-PMT(\$D\$4,A10,\$B\$8,-B10)			
23							
24							

- 新设备：考虑税收的经济寿命的计算过程包括如下几个步骤：
- 步骤1：因为新设备在其纳税的寿命期内将被折旧，所以必须确定各期末资产的账面价值，以计算其税后残值。这一过程显示在表11-5的第4～15行中。比如说，如果新设备的持有期为4年，则应计MACRS折旧额计算如下：

$$\text{折旧合计} = 1715 + 2939 + 2099 + (1/2)(1499) = 7503(\text{美元})$$

$$\text{账面价值} = 1200 - 7503 = 4497(\text{美元})$$

◎ 步骤2：在计算保留使用年限的费用年值时，需考虑两个现金流因素：①运营和维修成本；②折旧税盾。这一过程显示在表11-5的第17~28行中。例如：如果新设备的持有期为4年，则每年税后的运营和维修成本计算如下（单位：美元）

N	1	2	3	4
运营和维修成本	2300	2760	3312	3974
税后运营和维修成本	1380	1656	1987	2384
税后运营和维修成本的现值	1255	1369	1493	1628

◎ 税后运营和维修成本的现值合计 = 1255 + 1369 + 1493 + 1628 = 5745美元

- 步骤3：结合步骤1中计算得到的账面价值，可以确定税后市场价值， $N = 4$ ，

$$\text{应税利得（损失）} = 2744 - 4497 = -1753 \text{ 美元}$$

$$\text{利得税（失）} = 1753 \times 0.40 = -701 \text{ 美元}$$

$$\text{净税后市场价值} = 2744 - (-701) = 3445 \text{ 美元}$$

- 步骤4：现通过计算*AEC*（费用年值）求出新设备的经济寿命周期。

- 步骤5：新设备的经济寿命是6年，*AEC*（10%）是4018美元。

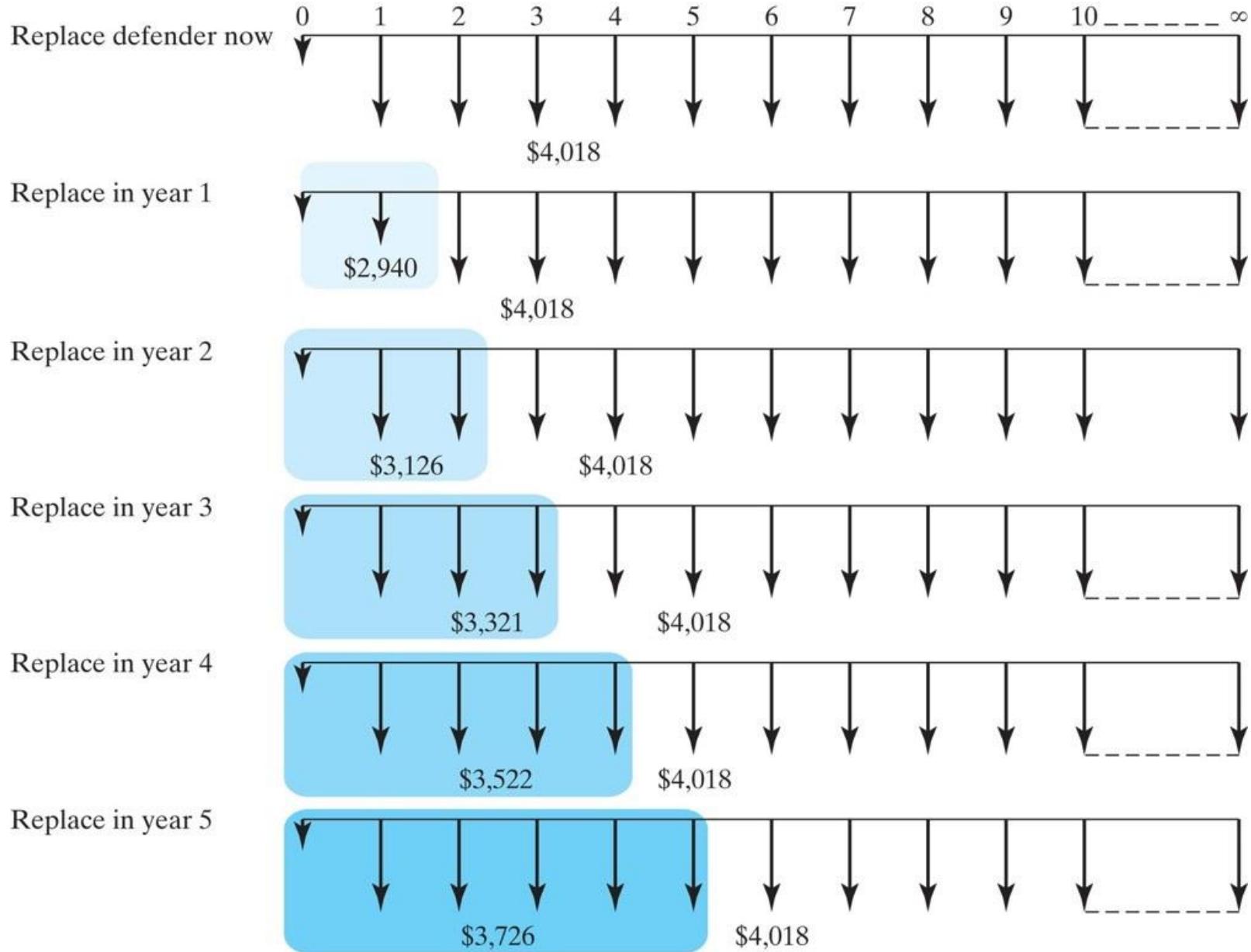
- (b) 更新旧设备的最优时间
- 因为旧设备剩余使用年限的年度等值费用是2940美元（小于4018元），因此当前应当保留旧设备。当然，防卫的保留年份为1年并不意味着公司必须保留其1年再更新为新设备，原因是计算出旧设备保留年限为1年并没有考虑未来将会出现何种新设备。当新设备的财务数据可得时，我们应该定量计算更新时点的各种可能性。由于旧设备还可以继续使用6年，故存在7种更新决策：

- 即刻用新设备代替旧设备
- 1年后，使用新设备代替旧设备
- 2年后，使用新设备代替旧设备
- 3年后，使用新设备代替旧设备
- 4年后，使用新设备代替旧设备
- 5年后，使用新设备代替旧设备
- 6年后，使用新设备代替旧设备

- 假设目前新设备的费用和效率在未来不会发生改变，各种可能方案的现金流量情况如下图所示。从图中我们可以看出，旧设备使用寿命期后，各方案的年现金流量相同。
- 在我们评价各种更新决策方案之前，首先需要在预计的寿命周期间计算出新设备和旧设备的费用年值。

Economics of Owning and Operating the Challenger for N More Years

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	Tax Rate	40%									
3	MARR	10%									
4											
5	Holding Period	Permitted Annual Depreciation Amounts over the Holding Period								Total Depreciation	Book Value
6	Period	1	2	3	4	5	6	7	8		
7	0										\$12,000
8	1	\$1,715								\$1,715	\$10,285
9	2	\$1,715	\$1,470							\$3,185	\$8,815
10	3	\$1,715	\$2,939	\$1,050						\$5,704	\$6,296
11	4	\$1,715	\$2,939	\$2,099	\$750					\$7,503	\$4,497
12	5	\$1,715	\$2,939	\$2,099	\$1,499	\$536				\$8,788	\$3,212
13	6	\$1,715	\$2,939	\$2,099	\$1,499	\$1,072	\$535			\$9,859	\$2,141
14	7	\$1,715	\$2,939	\$2,099	\$1,499	\$1,072	\$1,070	\$536		\$10,930	\$1,070
15	8	\$1,715	\$2,939	\$2,099	\$1,499	\$1,072	\$1,070	\$1,072	\$534	\$12,000	\$0
16											
17	Holding Period	Annual O&M Costs over the Holding Period								Total PW of O&M Costs	Total PW of A/T O&M Costs
18	Period	1	2	3	4	5	6	7	8		
19	0										
20	1	\$2,300								\$2,091	\$1,255
21	2	\$2,300	\$2,760							\$4,372	\$2,623
22	3	\$2,300	\$2,760	\$3,312						\$6,860	\$4,116
23	4	\$2,300	\$2,760	\$3,312	\$3,974					\$9,575	\$5,745
24	5	\$2,300	\$2,760	\$3,312	\$3,974	\$4,769				\$12,536	\$7,522
25	6	\$2,300	\$2,760	\$3,312	\$3,974	\$4,769	\$5,723			\$15,767	\$9,460
26	7	\$2,300	\$2,760	\$3,312	\$3,974	\$4,769	\$5,723	\$6,868		\$19,291	\$11,575
27	8	\$2,300	\$2,760	\$3,312	\$3,974	\$4,769	\$5,723	\$6,868	\$8,241	\$23,136	\$13,881
28											
29											
30	Holding Period	Market Value	Taxable Gains	Gains Tax	Market Value	Net A/T over the Holding Period			A/T Operating Costs (in PW) over the Holding Period	Total OC	
31						O&M Costs	Tax Shield	Total OC	OC(10%)	CR(10%)	AEC(10%)
32	0										
33	1	\$8,000	(\$2,285)	(\$914)	\$8,914	\$1,255	\$624	\$631	\$694	\$4,286	\$4,980
34	2	\$5,600	(\$3,215)	(\$1,286)	\$6,886	\$2,623	\$1,110	\$1,514	\$872	\$3,635	\$4,507
35	3	\$3,920	(\$2,376)	(\$950)	\$4,870	\$4,116	\$1,911	\$2,205	\$887	\$3,354	\$4,241
36	4	\$2,744	(\$1,753)	(\$701)	\$3,445	\$5,745	\$2,431	\$3,314	\$1,045	\$3,043	\$4,089
37	5	\$1,921	(\$1,291)	(\$516)	\$2,437	\$7,522	\$2,769	\$4,753	\$1,254	\$2,766	\$4,020
38	6	\$1,345	(\$796)	(\$318)	\$1,663	\$9,460	\$3,023	\$6,437	\$1,478	\$2,540	\$4,018
39	7	\$941	(\$129)	(\$52)	\$993	\$11,575	\$3,253	\$8,321	\$1,709	\$2,360	\$4,069
40	8	\$659	\$659	\$264	\$395	\$13,881	\$3,463	\$10,418	\$1,953	\$2,215	\$4,168
41											
42											
43	Sample cell formulas:										
44											
45	cell K13:=K\$7-J13				cell D39:=C39*\$B\$2				cell G39:=NPV(\$B\$3,B13:I13)*\$B\$2		
46	cell K26:=J26*(1-\$B\$2)				cell E39:=B39-D39				cell I39:=-PMT(\$B\$3,A26,H39,0,0)		
47	cell C39:=B39-K13				cell F39:=K26				cell J39:=-PMT(\$B\$3,A26,12000,-E39)		



费用年值		
n	旧设备 (美元)	新设备 (美元)
1	2940	4980
2	3126	4507
3	3321	4241
4	3522	4089
5	3726	4020
6	3930	4018
7		4069
8		4168

⑤不使用例11.5中的边际分析，而是用现值分析，即要求估算出无限期长的现金流量（两种计算方法的结果是相同的）。立即用新设备更新旧设备视同计算4018美元的永久现金流量的现值。如果使用第五章讨论的资本化等值法 ($CE(i) = A/i$)，可得

① $n = 0$,

$$PW(10\%)_{n=0} = (1/0.10)(4018) = 40180 \text{ 美元}$$

② 假设继续保有机器 n 年，然后更换为新机器。计算 $PW(i)_n$ 如下：

③ $n = 1$,

$$PW(10\%)_{n=1}$$

$$= 2940(P/A, 10\%, 1) + (1/0.10)(4018)(P/F, 10\%, 1)$$

$$= 39200 \text{ 美元}$$

④ $n = 2$,

$$PW(10\%)_{n=2}$$

$$= 3126(P/A, 10\%, 2) + (1/0.10)(4018)(P/F, 10\%, 2)$$

$$= 38631 \text{ 美元}$$

① $n = 3$,

$$\begin{aligned} PW(10\%)_{n=3} &= 3321(P/A, 10\%, 3) + (1/0.10)(4018)(P/F, 10\%, 3) \\ &= 38447 \text{美元} \end{aligned}$$

② $n = 4$,

$$\begin{aligned} PW(10\%)_{n=4} &= 3522(P/A, 10\%, 4) + (1/0.10)(4018)(P/F, 10\%, 4) \\ &= 38608 \text{美元} \end{aligned}$$

③ $n = 5$,

$$\begin{aligned} PW(10\%)_{n=5} &= 3726(P/A, 10\%, 5) + (1/0.10)(4018)(P/F, 10\%, 5) \\ &= 39073 \text{美元} \end{aligned}$$

研讨

- 比较分析更新决策问题的两种基本方法。

课内作业

- 题1~5的问题描述：
- 考虑如下的更新决策问题：
 - 方案1：继续使用旧机器，一台机器正在使用中，5年前购买时的价格为4000美元，现在已经完全计提折旧。它可以以25000美元的价格卖出，但也可以继续使用3年（剩余使用年限），第3年末它将没有残值。该旧机器的年度运营和维修成本共计10000美元。
 - 方案2：更换旧机器：可以用14000美元的发票价格购入一个新机器来替换当前设备。由于制造产品的性质，该新机器预期有3年的使用年限，3年末无残值。预期第1年的运营和维修成本为2000美元，之后2年为3000美元。利得税为34%。新机器第一年的允许折旧为1400美元，之后2年为2800美元。该公司的利率为15%。

- 1. 如果现在卖掉旧机器，那么利得税为多少？（单位：美元）
 - (a) 800
 - (b) 850
 - (c) 900
 - (d) 950
- 2. 如果你想保留旧机器，那么机会成本为多少？（单位：美元）
 - (a) 2500
 - (b) 4000
 - (c) 1650
 - (d) 1500

- 3. 如果旧设备现在卖掉，那么它的沉没成本是多少？（单位：美元）
 - (a) 2500
 - (b) 4000
 - (c) 1650
 - (d) 1500
- 4. 以折旧为目的，机会成本法下新设备第1年的成本为多少？（单位：美元）
 - (a) 14000
 - (b) 11500
 - (c) 12350
 - (d) 16500

- 5. 替换旧设备后每年递增的税后现金流为多少? (单位: 美元)
 - (a) 809
 - (b) -919
 - (c) 967
 - (d) 992

- 6. 当地一家快递公司花15000美元购买了一辆送货卡车。卡车在MACRS下计提5年期的折旧。卡车市值（卖出价格）预计每年减少2500美元。运营和维修成本（O&M）预计每年3000美元。公司税率40%，MARR为15%。计算保留卡车2年的费用年值为多少？（单位：美元）
 - (a) 5527
 - (b) 5175
 - (c) 5362
 - (d) 5014

- 7. 下表汇总了一个拟议的新资产的财务数据。问题是设备应该被持有多长时间。假设利率为12%，确定该设备税前的经济寿命周期。

年末(n)	投资成本 (美元)	O&M成本 (美元)	残值 (美元)
0	14000		
1		3400	8000
2		4600	6000
3		5800	4000
4		7200	2000
5		8300	0

- (a) 2年
- (b) 3年
- (c) 4年
- (d) 5年

- 8. 保留旧设备3年剩余使用年限的税后费用年值以及新设备4年使用年限的费用年值如下：

费用年值		
持有限期	旧设备 (美元)	新设备 (美元)
1	3000	5000
2	2500	4000
3	3200	3100
4		4500

- 假设最低希望收益率 (MARR) 为12%。求更换设备的最佳时间。假定无限决策期，新设备不存在技术进步。应该如何决策？
 - (a) 现在更换
 - (b) 1年后更换
 - (c) 2年后更换
 - (d) 3年后更换