

第二部分 企业资产和工程资产评估

第5章 等额年值分析法

周光辉 教授

中国科学院大学经济与管理学院



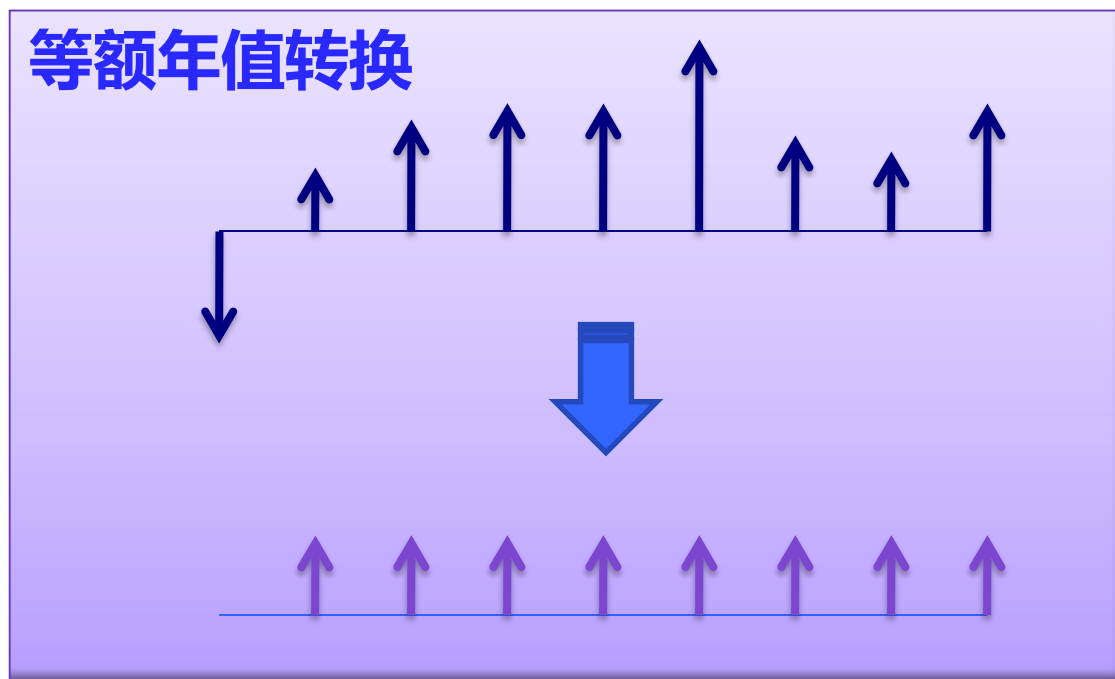
拥有商务飞机

- 兰伯特制造有限公司打算为公司高管的国内出差对分式产权飞机进行调研，而不打算购买商务飞机。
 - 分式产权飞机：在常规的5年合同下购买不少于1/16（每年大约50个飞行小时）的飞机股，根据协议，在合同终止时部分所有权者可以出售他们的股份或者恪守公平的市场价格行使认沽期权。
 - 完全产权飞机：2011爵士型号G58标价1282035美元，按每年200航行时计算，每小时运行和维修费用的预估值为575美元。
- 如果兰伯特拥有该飞机，是否需要考虑其他成本？实际运行成本是多少？如果每年增加航行时间，每小时的航行成本将如何改变？需要同时考虑所有权成本和运营成本。

- 假如你正在考虑购买一辆新轿车。如果你预估每年驾驶12000英里，你能计算出所有权成本和轿车每英里的运行成本吗？如果你的老板因你用自己的车为公司办事而打算按行驶英里数来补偿你，你有理由知道这个成本。假设某房地产开发商正打算建一个500000平方米的购物中心。为了收回初始投资，每平方米的最小年租费应该是多少？
- 年现金流量分析是计算各种单位成本的方法。**等额年值法**是第二个重要的等值方法。它是一个常用的比较方案的决策工具。在本章中，我们建立**等额年值判别标准**，并且证明了在多数情况下，等额年值法在方案比选方面比其他方法更优。

5.1 等额年值准则

- 等额年值（ AE ）准则 (annual-equivalent worth criterion) 计算的是年度等额支付系列，是衡量投资价值的基础。



- 由于整付现金流量可以转换为等额支付系列，我们可以算出原现金流量系列的净现值，再乘以资本回收系数。

$$AE(i) = PW(i)(A/P, i, N)$$

我们使用该公式评价项目投资价值：

- **评价单一方案**

单一项目的收入项目的接受或拒绝的决策规则为：

- 若 $AE(i) > 0$ ，接受该投资；
- 若 $AE(i) = 0$ ，保持中立；
- 若 $AE(i) < 0$ ，拒绝该项目。

注意 $(A/P, i, N)$ 在 $-1 < i < \infty$ 的正值范围，因此当且仅当 $PW(i)$ 为正时， $AE(i)$ 才为正。换言之，当 $AE(i)$ 为正时接受该项目与当 $PW(i)$ 为正时接受该项目是等价的。因此 AE 判别准则与 PW 判别准则一致。

- **比较互斥方案**

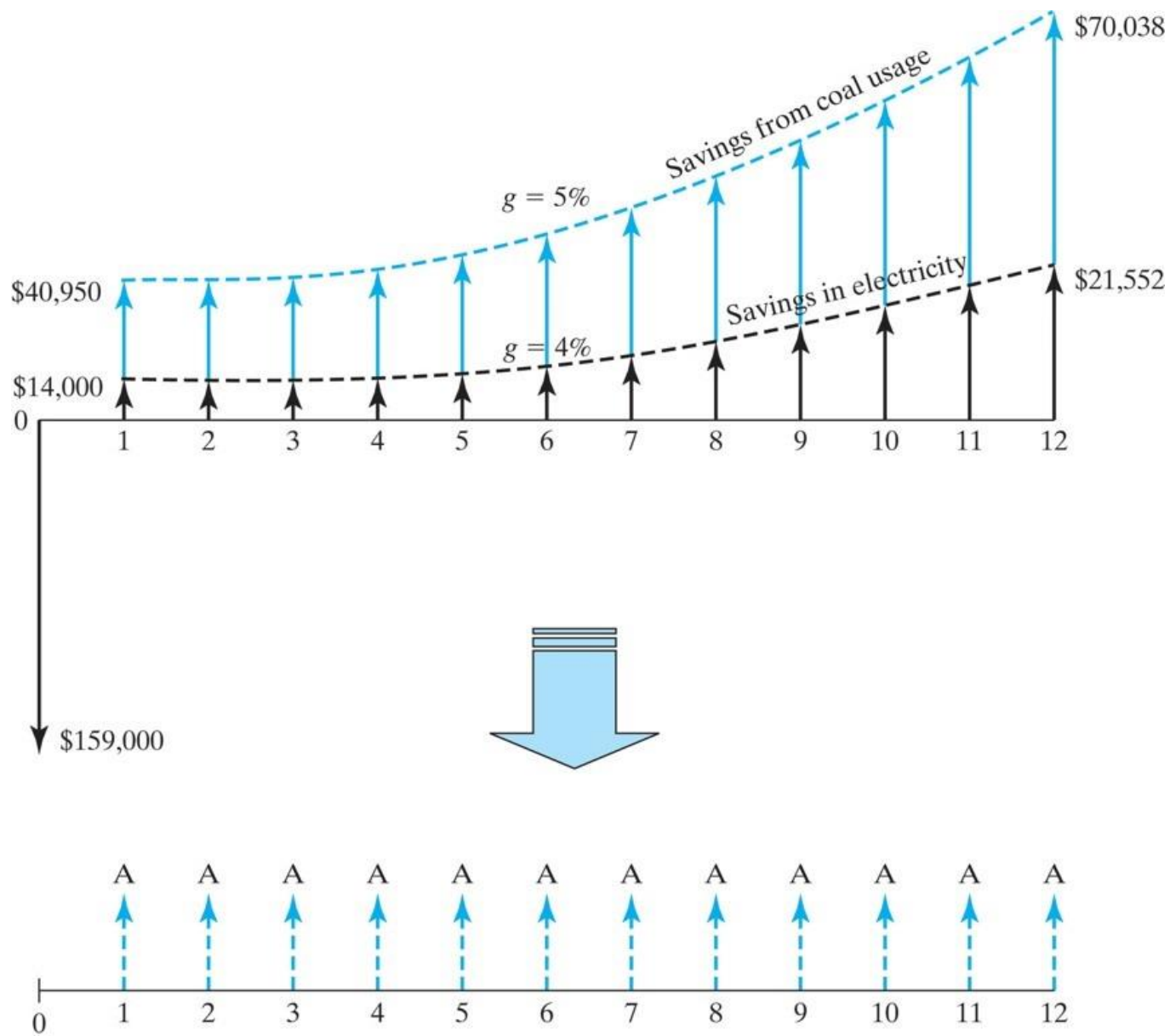
- 当比较收入相同的互斥项目时，选 AE 最大的方案；
- 如果比较相互排斥的服务项目，且各方案有相等的收益，选费用年值 (AEC)最低或负等额年值最小的方案。

- **例 5.1 将净现值转化为等额年值**

- 某医院使用4个燃煤锅炉提供蒸汽用于房间供暖、室内热水和医院洗衣房。其中一个在低负荷和周末时使用，两个锅炉在工作日使用，第四个锅炉通常闲置。负荷稳定时的效率通常是78%。由于仪表和控制装置的缺陷，该医院锅炉的使用率介于70%-73%。工程师建议升级锅炉的控制装置。升级包括给锅炉风扇安装变速驱动器和使用带氧气微调设备功能的风扇来控制燃烧。

- ◎项目实施成本为159000美元，锅炉的剩余寿命期为12年，所有升级装置在12年末都无残值。
- ◎预计锅炉房的年电力使用量将从410000千瓦时降至180000千瓦时，这是锅炉风扇的变速控制的结果（因为有了变速驱动器风扇发动机只需使用电力为锅炉供氧）。等价于每年节约14000美元。随着电力成本的增加，这些节约额预计以4%的速度增加。
- ◎由于锅炉效率的提高使煤炭的使用量降低了2%，这相当于每年的成本减少了40950美元。随着煤炭价格的上涨，该节约额将以5%的速度增加。

- 如果医院对于所有项目评价都使用10%的利率，那么改善功能而节约的能耗年值是多少？
- 分析：
 - ⊙ 当各年现金流量没有规律时，最简单的方法是分两步求AE：
求现金流量的现值；用现金流量的现值求年值。
 - ⊙ 已知：如下图所示的现金流量表；年利率 $i = 10\%$ 。
 - ⊙ 求：年值。



■ 求解

求现金流量的现值，然后求现值的年值。

由于电力能源节约有两种不同的几何梯度序列，我们计算等值现值的步骤如下：

⊙ 电力节约额：

$$P_{\text{电力节约额}} = 14000(P/A_1, 4\%, 10\%, 12) = 114301 \text{美元}$$

⊙ 煤炭用量节约额：

$$P_{\text{煤炭用量节约额}} = 40950(P/A_1, 5\%, 10\%, 12) = 350356 \text{美元}$$

⊙ 计算净现值：

$$PW = 114301 + 350356 - 159000 = 305657 \text{美元}$$

由于 $PW(10\%) > 0$, PW 分析法表明项目可行。

然后将项目寿命期内的净现值转化为年值,

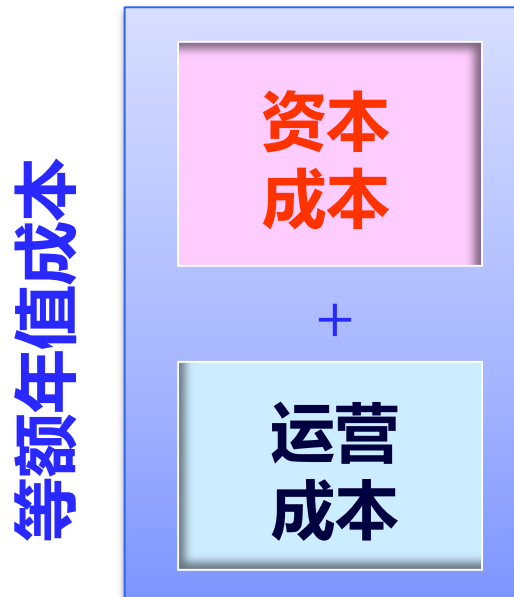
$$AE(10\%) = 305657(A/P, 10\%, 12) = 44859 \text{ 美元}$$

由于 $AE(10\%) > 0$, 项目仍可行。正年值表示项目在寿命期内每年有44859美元的净效益。

- 5.1.1 等额年值分析
- 现实世界中，在很多情况下，用AE分析法比NPW分析法更方便，甚至要求用AE分析法，下列是一些典型的情况：
 - **当需要分析寿命周期成本时。**当项目方案满足相同的经济需求而初始成本和运营成本不同时，寿命周期成本分析法就很有用。寿命周期成本分析法能够确保方案选择不仅仅是依据最低的初始成本，同时还要考虑项目在整个寿命内的未来成本。

- **当需要计算单位成本或单位利润时。**在许多情况下，为了简化方案的比较，项目必须被分解为许多单位成本（或利润）。例如是“自制还是外购”的外包决策和使用资产的定价（每小时租金）补偿分析。
- **当项目寿命期不等时。**寿命期不等的方案比较需要确定相同的分析期。对于寿命期不确定的项目以及设备的原型更新，我们可以用AE分析来避免复杂的计算。

- 5.1.2 资本成本与运营成本
- 当仅涉及成本时，*AE*法有时被称作**费用年值法**（**annual equivalent cost method**）。此时需支付**运营成本**（**operating cost**）和**资本成本**（**capital cost**）。资本成本是一次性的，而运营成本是只要资产被使用就会产生运营成本。



- **资本成本（所有权成本）**

- 因购置用于生产和服务的资产而产生的成本。由于资本成本往往是一次性成本（购买或者出售），当进行费用年值分析时，我们必须把这些一次性成本换算成在寿命期与其等值的年度等值费用。假设你购买某设备花费了10000美元。如果你持有该资产5年，你拥有该资产的成本应当包括机会成本10000美元。因此，**资本成本定义为购置净成本（扣除残值后的）加上在所有权期间的利息成本。**

- **资本成本的等额年值叫做资本回收成本 (capital-recovery cost) , 用 $CR(i)$ 表示。将两种一般的资金事项与资产的购置和最终报废联系在一起: **资产的初始成本 (I) 和资产的残值 (S)**。此时我们计算**资本成本**如下:**

$$CR(i) = I(A/P, i, N) - S(A/F, i, N)$$

其中, 系数 $(A/F, i, N)$ 可以表示为

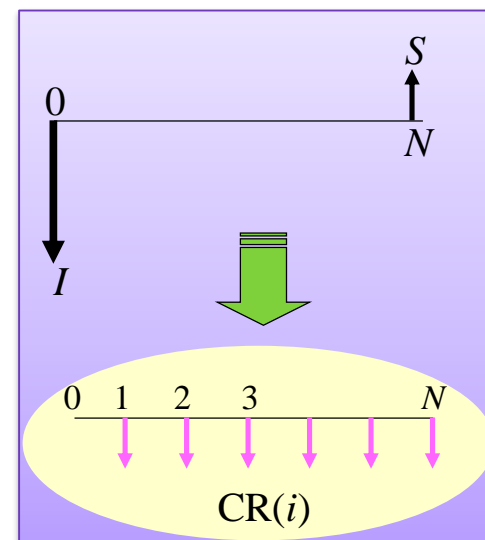
$$(A/F, i, N) = (A/P, i, N) - i$$

所以 $CR(i)$ 可以表示为:

$$CR(i) = I(A/P, i, N) - S[(A/P, i, N) - i] = (I - S)(A/P, i, N) + iS$$

基本上，某人为了购买机器，借款 I 美元，在 N 年末可以回收 S 美元，
 第一项 $(I - S)(A/P, i, N)$ 表示余额 $(I - S)$ 将以利率 i 在 N 年期间等额
 回收。第二项 iS 表示直到返还 S 前需以单利支付占用资金 S 的利息额
 iS 。

$$CR(i) = I(A/P, i, N) - S[(A/P, i, N) - i] = (I - S)(A/P, i, N) + iS$$



贷款金额为 $I - S(P/F, i, N)$, N 年中分期还款额为

$$\begin{aligned} AEC(i) &= [I - S(P/F, i, N)](A/P, i, N) \\ &= I(A/P, i, N) - S(P/F, i, N)(A/P, i, N) \\ &= I(A/P, i, N) - S(A/F, i, N) \\ &= CR(i) \end{aligned}$$

$CR(i)$ 表示每年向银行的还款额。

许多汽车租赁都是基于这种形式的，大多数都要求交纳 S 美元的残值（或返还车辆时的市场价值）。

- **运营成本年值**

- 一旦你将某资产用于服务，随着工厂和设备的运营，将产生运营成本；例子中包括诸如人工和原材料之类的成本。因为在寿命期内一直会产生运营成本，它们往往以年为基础进行估算。因此，对于费用年值分析，除非年成本不断变化，否则我们不需要用其他方法计算。这种情况下，我们需要**求出运营成本的等值现值，然后将现值转化为资产寿命期内的年值。**

$$OC(i) = \left(\sum_{n=1}^N OC_n (1+i)^{-n} \right) (A/P, i, N)$$

- **例 5.2 你的车将如何保值？拥有一辆汽车的成本**
 - 分析两种型号的汽车，在5年所有权期间里的预期价值：

车型	MSRP	总剩余价值百分比			
		2年后	3年后	4年后	5年后
2010宝马M3	58400美元	70%	60%	51%	43%
2010现代雅绅特GLS	14365美元	40%	30%	24%	18%

- MSRP：厂商建议零售价。
- 计算每种车辆的年所有权成本（资本成本），假定以6%的年复利计息。

- 分析：

- ⊙ 已知：2010宝马M3 ($I = 58400$ 美元, $S = 25112$ 美元) ,
2010现代雅绅特GLS ($I = 14365$ 美元, $S = 2586$ 美元) ,
 $N = 5$ 年, 且 $i = 6\%$ 每年。

- ⊙ 求：5年后两辆汽车的 $CR(i)$ 。

- 求解：

- ⊙ 对于宝马M3, 购买成本为58400美元, 5年后售价为25112美元 (MRSP的43%) , 年所有权成本 (资本成本) 为：

$$CR(6\%) = (58400 - 25112)(A/P, 6\%, 5) + (0.06)25112 = 9409 \text{美元}$$

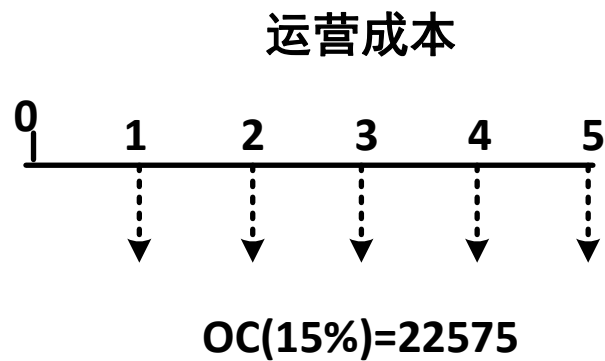
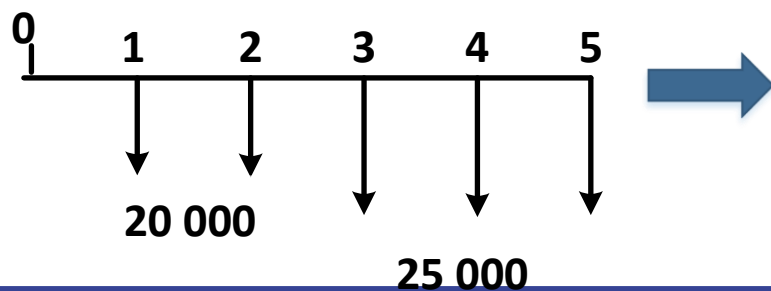
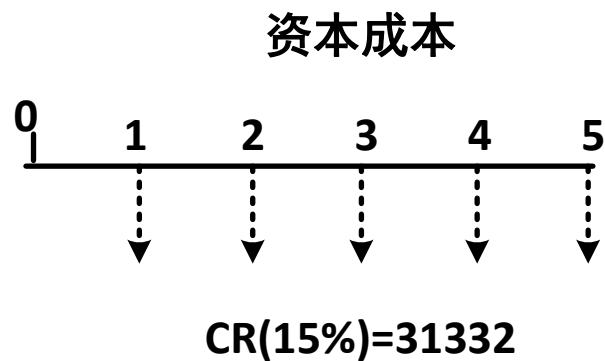
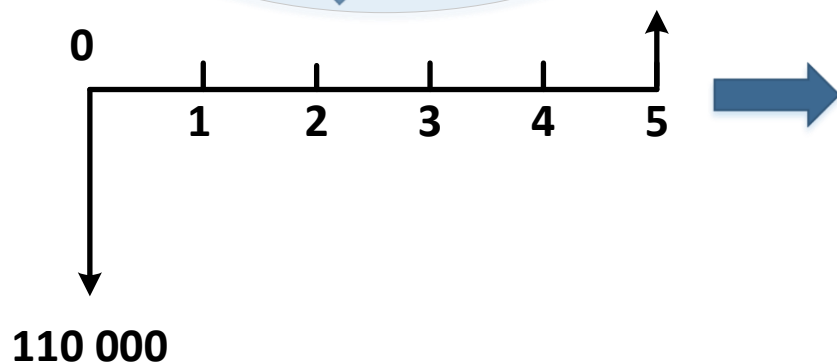
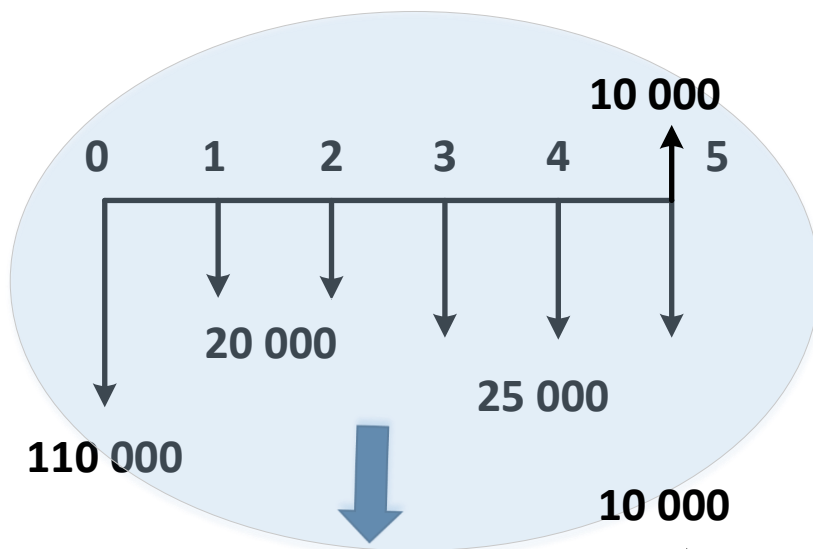
拥有车辆的成本是所有期的函数，如图所示：

车型	MSRP	资本成本（单位：美元）			
		2年后	3年后	4年后	5年后
2010宝马M3	58400美元	12009	10842	10045	9409
2010现代雅绅特GLS	14365美元	5046	4020	3357	2951

显然，持有车辆时间越长，资本成本越小。

从产业的角度来看， $CR(i)$ 是公司拥有资产的年成本，根据这些信息，就可以确定回收项目的资本成本和运营成本的年节约额。

- **例 5.3 证明设备购置合理的必要年节约额**
 - 弗格森公司正在考虑投资计算机辅助设计的设备。该设备将花费110000美元，有5年的经济寿命期。残值为10000美元。在前2年预计设备的年运营成本为20000美元，后3年的年运营成本预计为25000美元。假定弗格森公司的期望投资收益率（ $MARR$ ）为15%，每年的年节约额是多少才值得投资？
 - 分析：
 - ⊙ 已知： $I = 110000$ 美元， $S = 10000$ 美元，年运营成本前2年为20000美元，后3年为25000美元， $N = 5$ 年，且年利率 $i = 15\%$
 - ⊙ 求：费用年值（AEC），判断公司是否应该投资该设备。



- 求解：

- ⊙ 如上图所示，我们从常规运营现金流量中分解出与购置资产和处置资产相关的现金流量。由于运营现金流量并不规则，我们需要把它换算成等值年现金流量。

- ⊙ 资本成本（CR）

$$CR(15\%) = (110000 - 10000)(A/P, 15\%, 5) + (0.15)10000 = 31332 \text{美元}$$

⊙ 运营成本 (OC)

$$OC(15\%) =$$

$$\frac{\text{运营现金流总现值}}{(20000(P/A, 15\%, 2) + 25000(P/A, 15\%, 3)(P/F, 15\%, 2)) \times 75675} \times$$

$$(A/P, 15\%, 5) = 22575 \text{ 美元}$$

⊙ 费用年值 (AEC)

$$AEC(15\%) = CR(15\%) + OC(15\%) = 31322 + 22575 = 53907 \text{ 美元}$$

年节约额必须至少为53907美元才能收回资产投资和支付年经营成本。

5.2 年值分析法的应用

- 5.2.1 单位利润或单位成本计算
- 在许多情况下，我们需要知道运营某资产的单位利润（或单位成本），为了获得单位利润（或单位成本），计算过程如下：
 - 步骤 1：确定在资产寿命周期内每年用于生产或服务的工作量。
 - 步骤:2：判断在资产生命周期内与生产或服务有关联的现金流序列。
 - 步骤 3：用给定的利率计算项目现金流量序列的现值，然后确定等值年值。

- 步骤 4：用等值年值除以每年用于生产或服务的工作数量，当每年的工作数量不同时，可以将工作量换算成年均工作量。

例 5.4 年运营时间不变或可变情况下的每台时的单位利润

- 哈里森公司点焊工人的工作事故频繁发生。该公司正在开发可用于焊接工作的一种特殊机器人。哈里森公司将为该项目预付100万美元。同时这些机器人的寿命期为5年，残值为100000美元。该机器人将减少人工成本、工人保险成本和材料使用成本，以及将降低工人在点焊操作中的事故。每年节约共800000美元。与机器人相关的运营和维修成本为300000美元。以15%的年复利计算以下两种情况下，每台机器每工时的等值成本节约额：

- ⊙ 假定这种机器每年运行2000个小时。
- ⊙ 假定该机器人的工作时间不同：第一年1500小时，第二年2500小时，第三年2500小时，第四年2000小时，第五年1500小时。五年期间的总工作时间为10000小时。

- 分析：

- ⊙ 已知： $I = 1000000$ 美元， $S = 100000$ 美元， $N = 5$ 年，每年净节约额= 500000 美元，5年的机器总工时为10000小时。
- ⊙ 求：每台机器每工时的等值节约额。

- 求解：

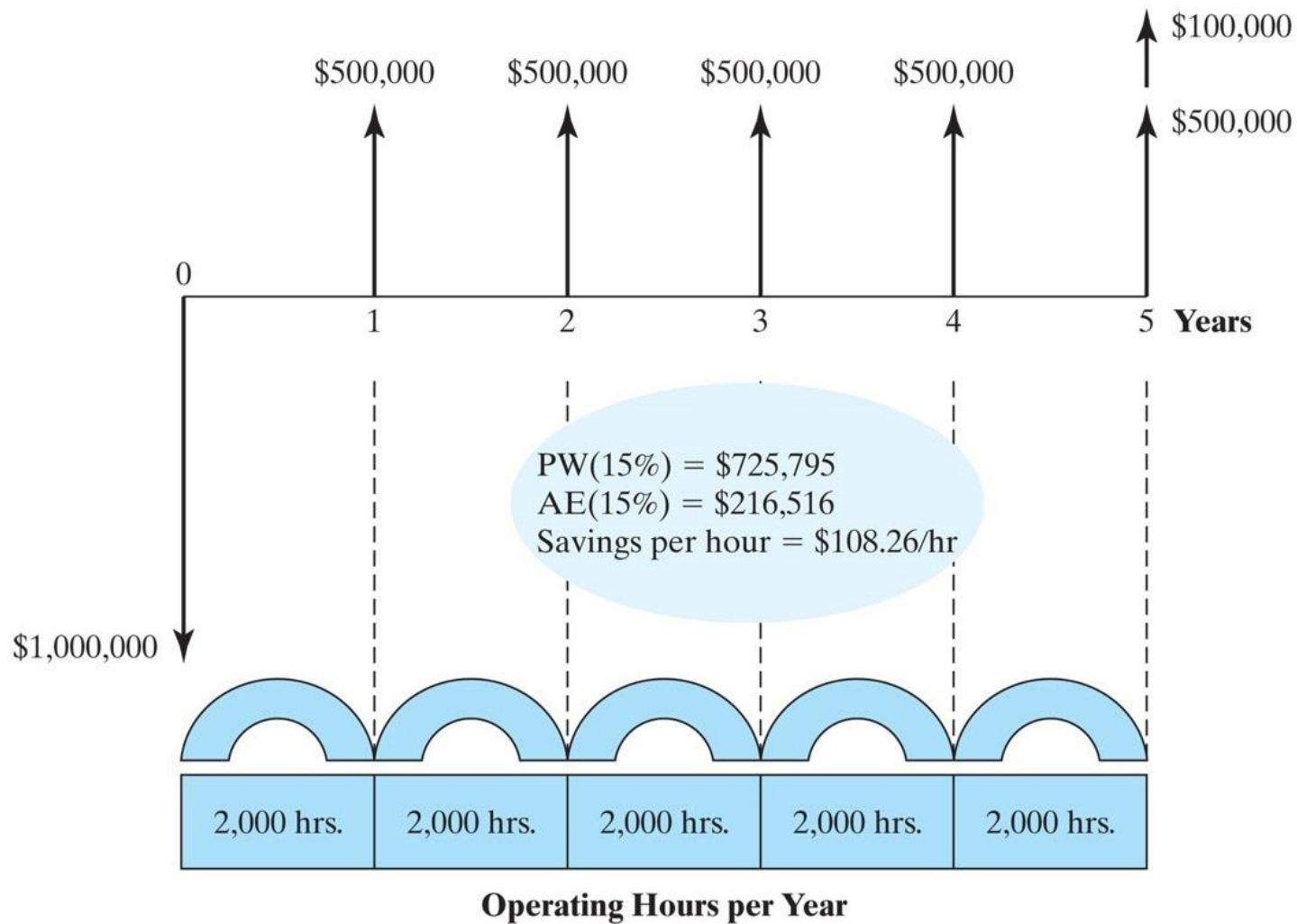
- ⊙ 年工作时间保持不变：首先计算等值年节约额，然后计算每台机器每工时的等值节约额。

$$PW(15\%) = -1000000 + 500000(P/A, 15\%, 5) + 100000(P/F, 15\%, 5) = 725795 \text{ 美元}$$

$$AE(15\%) = 725795(A/P, 15\%, 5) = 216516 \text{ 美元}$$

当每年使用2000小时时，每台机器每工时的等值节约额计算如下：

$$\text{每小时的节约额} = 216516/2000 = 108.26 \text{ 美元/小时}$$



⊙ 每年工作时间被动：用含有C的函数来计算等值年节约额。

令C表示待计算的每台时等值年节约额，于是，对于机器人的年使用量不同的情况，建立C的函数来计算等值年节约额。

等值年节约额

$$= C[1500(P/A, 15\%, 5) + 1000(P/A, 15\%, 2)(P/F, 15\%, 1) + 500(P/F, 15\%, 4)] (A/P, 15\%, 5) = 2006.99C \text{ 美元}$$

令上式左边等于216516美元，然后计算C，于是，

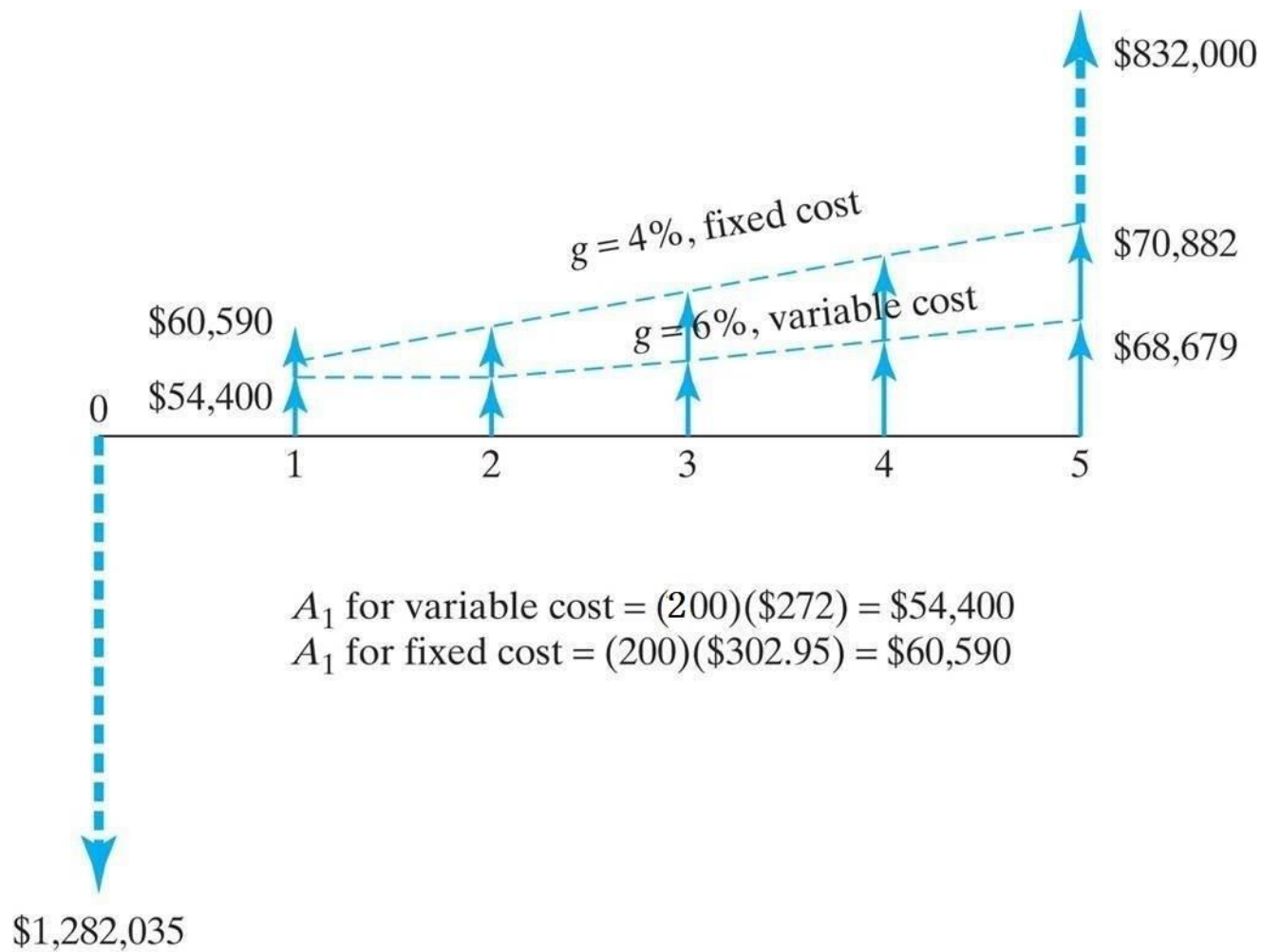
$$C = 216516/2006.99 = 107.88 \text{ 美元/时}$$

- ⦿注：我们不能简单地用5年的总台时数（10000时）来除以NPW的值（725795美元），如果这么做，结果就是72.58美元/时。72.58美元/时这一数值表示的是使用机器人1小时的即刻现值节约额，但不能认为在所有时间里都是这一节约额。一旦我们确定了年值，如果复利计息周期是一年，我们就可以用年值除以预计的工时。如果复利计息周期较短，就应该计算复利计息周期的节约额。

例 5.5 每小时飞行成本

- 回顾关于兰伯特制造公司考虑购买公务机用于高管国内差旅的案例。其关键的财务数据如下：
 - ⊙ 飞机成本：1282035美元
 - ⊙ 5年后飞机的市场价值：832000美元
 - ⊙ 每小时总变动成本：第1年为272美元，以后每年一次增加6%
 - ⊙ 每小时总固定运营成本：第1年为302.95美元，以后每年增加4%
 - ⊙ 年工作时长：200小时

- 以12%的年复利计算5年内拥有和使用飞机的每小时飞行成本。
- 分析：
 - ⊙ 已知：根据图中归纳的财务数据，且年利率 $i = 12\%$ 。
 - ⊙ 求：拥有和使用该飞机的每小时飞行成本。



- 求解：

首先计算年值，然后计算每小时的等值成本。

这两种成本包括资本成本和运营成本。我们分别计算它们的年值，如下：

- ⊙ 资本成本

$$\begin{aligned} CR(12\%) &= (I - S)(A/P, i, N) + iS \\ &= (1282035 - 832000)(A/P, 12\%, 5) + 0.12(832000) \\ &= 224684(\text{美元}) \end{aligned}$$

- ⊙ 运营成本

— 变动成本

$$OC(12\%)_{\text{可变}} = (200)(272)(P/A_1, 6\%, 12\%, 5)(A/P, 12\%, 5) = 60529 \text{ (美元)}$$

— 固定成本

$$OC(12\%)_{\text{可变}} = (200)(302.95)(P/A_1, 4\%, 12\%, 5)(A/P, 12\%, 5) = 65056 \text{ (美元)}$$

— 总运营成本

$$OC(12\%) = OC(12\%)_{\text{变动}} + OC(12\%)_{\text{固定}} = 125585 \text{ (美元)}$$

$$\text{每小时飞行成本} = \frac{224684 + 125585}{200} = 1751.35 \text{ (美元)}$$

- 5.2.2 自制还是购买的决策
- 在大多数外包决策中都会遇到诸如是自制还是购买的问题。在某一确定的时间里，公司可以选择购买或者生产。如果自制方案或购买方案都需要购买机器或设备，那么问题就变成了一个投资决策问题。由于外部资源是由每件多少美元来报价，同时自制方案成本也是用每件多少美元来表示，就比较容易比较两者之间的成本差异。这种对单位成本的比较需要运用年值分析，其通常的步骤为：

- 步骤 1：确定产品的需求区间（计划的时间范围）
- 步骤 2：确定产品的年需求量
- 步骤 3：从其他公司购买产品的单位成本
- 步骤 4：确定产品所需要的设备、人力和其他制作资源的成本
- 步骤 5：估计在计划的期间内，自制方案的净现金流量
- 步骤 6：计算自制产品的费用年值
- 步骤 7：用费用年值除以年需求量来计算自制产品的单位成本
- 步骤 8：选择单位成本最小的方案

例 5.6 单位成本：自制还是购买

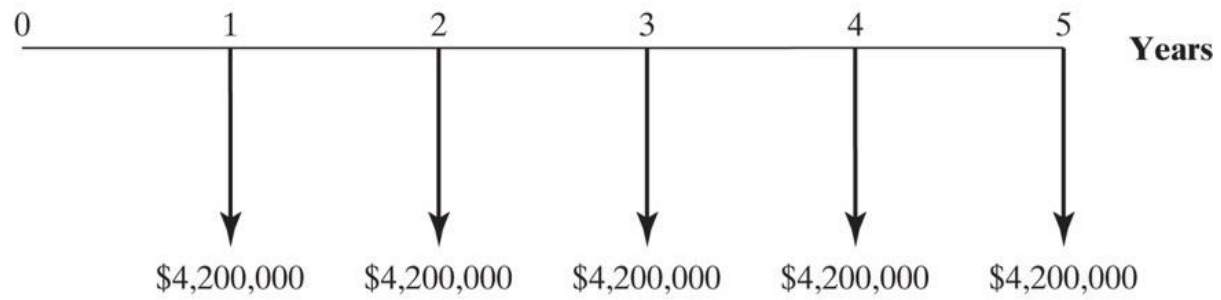
- B&S公司拥有多条生产高压清洗机的生产线。凸轮轴作为一种特殊的部件需要专用的工具和设备来生产。管理部门认为，能够替代更新专用工具的唯一方案是利用外包来获得凸轮轴，未来5年，B&S公司的凸轮轴年均使用量是120000个。
 - ⊙ 购买方案：某供应商希望以每件35美元的售价提供凸轮轴，前提是每年至少订购100000个。
 - ⊙ 自制方案：如果购置该专用工具，将花费2200000美元，在预期年的经济寿命期有120000美元的残值。有了这些新工具，直接人工成本和变动制造费用将减少，预计的单位生产成本如下：

生产成本	单位：美元
直接材料费	8.5
直接劳动成本	5.5
变动制造费用	4.8
固定制造费用	7.5
总单位成本	26.3

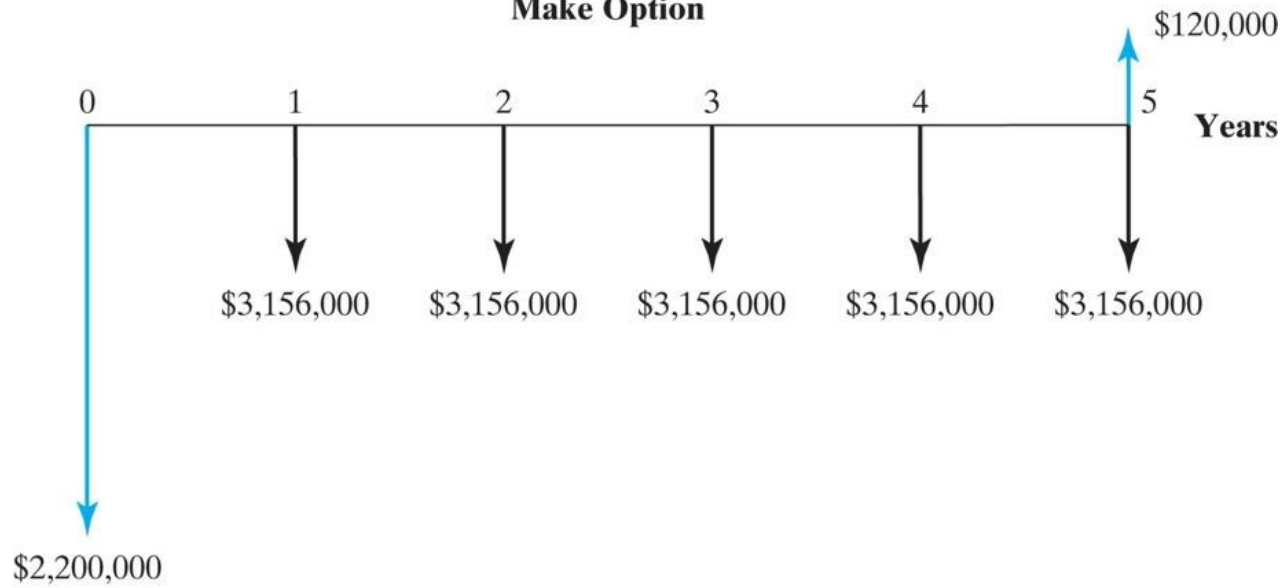
- 假定公司年利率为12%，计算每种方案下的单位成本；确定公司是应当更新旧工具还是利用外包购买凸轮轴。

- 分析：
 - ⊙ 已知：如图所示的现金流量，年利率 $i = 12\%$ 。
 - ⊙ 求：每种方案的单位成本及最优方案。

Buy Option



Make Option



- 求解：

首先确定每种方案的 AEC ，然后计算每种方案的单位成本。

年生产需求量为120000件，我们需要计算每种方案的费用年值。

- ⊙ 购买方案：既我们已经知道了购买凸轮轴的费用，我们可以很容易地求出费用年然值：

$$AEC(12\%)_{\text{购买}} = (35 \text{ 美元/件}) \times (120000 \text{ 件/年}) = 420000 \text{ 美元/年}$$

- ◎ 自制方案：其由资本成本和运营成本这两种构成。分别计算两种成本的费用年值，如下：

资本成本：资本回收成本为

$$CR(12\%) = (2200000 - 120000)(A/P, 12\%, 5) + 0.12 \times 120000 = 591412 \text{ 美元}$$

运营成本：年运营成本为

$$OC(12\%)_{\text{自制}} = (26.30 \text{ 美元/单位})(120000 \text{ 单位/年}) = 3156000 \text{ 美元}$$

⊙ 总费用年值：

$$AEC(12\%)_{\text{自制}} = 591412 + 3156000 = 3747412 \text{ 美元}$$

显然，这个年值计算表明B&S公司应该选择自制凸轮轴，而不是从外部供应商处购买。然而，B&S公司想要知道单位成本以便为产品定价。对于这种情况，我们需要计算每种方案的凸轮轴的单位成本。

我们用每种方案的费用年值除以年需求量来得到

- 购买方案

$$\text{单位成本} = 35 \text{美元/件}$$

- 自制方案

$$\text{单位成本} = 3747412 / 120000 = 31.23 \text{美元/件}$$

通过更新工具和设备自制凸轮轴，每件将为B&S公司节约税前的3.77美元。

5.3 互斥方案的比选

- 在本节中，我们将考察两个或两个以上的互斥方案在等值年值的基础上进行比较的情形。在等值分析时以年为时间单位，即时间间隔相等的互斥方案比较时 also 应当遵循相同的准则。因此我们必须仔细考察在分析过程的时间消耗，即为**分析期**。我们将考查两种情况：
 - 分析期等于寿命期
 - 分析期不等于寿命期

- 5.3.1 分析期等于项目寿命期
- **比较每个方案的年值，选择费用年值最小（对于服务项目）或年值最大（对于收入项目）的方案。**
- 在许多情况下，我们通常需要比较产量相同的不同方案，但方案投资和运营成本不同（机械化程度不同），通常将这样的比较称为**寿命周期成本分析**。

例 5.7 寿命期成本分析：高效发动机如何减少电力成本

- 伯明翰钢铁公司正考虑用现代化高效（PE）发动机来替换工厂的20台常规的25马力、230伏、60赫兹、1800转速的感应发电机。两种型号发动机的电力输出为18.65千瓦（25马力*0.746千瓦/马力）。常规发动机的效率是89.5%，PE发动机是93%。传统发动机的初始成本是13000美元，而PE发动机的初始成本是15000美元。发动机每天工作12小时，每周工作5天，每年工作52周，当地公用事业成本是每千瓦时0.07美元。两种发动机的寿命期都是20年，并且无残值。

- 以13%的年复利，将常规发动机换成PE发动机，每千瓦时的成本节约额是多少？
- 工作多少时间，两种型号的发动机有相同的经济价值？
- 分析：
 - ⊙ 当我们比较不同效率等级的机器时，我们需要确定运行机器所必须的输出功率。由于百分比效率等于输出能量和输入能量之比，我们可以通过发动机的百分比效率来划分输出能量以确定必要输入能量。

- 已知：发动机类型 = (标准, PE), $I = (13000\text{美元}, 15600\text{美元})$, $S = (0, 0)$, $N = (20\text{年}, 20\text{年})$, 额定输出功率 = (18.65千瓦, 18.65千瓦), 效率估值 = (89.5%, 93%), $i = 13\%$, 电价 = 0.07美元/千瓦时, 工作时间 = 3120小时/年, 所需发动机数量 = 20个。
- 求：(a) 使用PE发动机的每千瓦时节约额；(b) PE发动机的盈亏平衡点工作时数。

寿命期相同的互斥方案

	标准发动机	高效发动机
功率	18.65千瓦	18.65千瓦
成本	13000美元	15600美元
寿命期	20年	20年
残值	0	0
效率	89.5%	93%
能耗成本	0.07美元/千瓦时	0.07美元/千瓦时
工作时数	3120小时/年	3120小时/年

- 求解：

首先，计算每台发动机每千瓦时的运营成本，然后确定使用PE发动机的盈亏平衡点工作时数。

(a) 按照以下步骤确定每台发动机每千瓦时的运营成本

- ⊙ 确定两种发动机的总输入功率

常规发动机：

$$\text{输入功率} = \frac{18.650 \text{ 千瓦}}{0.895} = 20.838 \text{ 千瓦}$$

PE发动机：

$$\text{输入功率} = \frac{18.650 \text{ 千瓦}}{0.93} = 20.054 \text{ 千瓦}$$

注意每台PE发动机的输入功率减少了0.784千瓦（20台发动机减少了1.68千瓦），节约了能耗。

- ◎ 确定每种类型的发动机每年的总千瓦时，假定发动机每年工作时间为3120小时

常规发动机：

$$3120\text{小时/年} \times 20.838\text{千瓦} = 65015\text{千瓦时/年}$$

PE发动机：

$$3120\text{小时/年} \times 20.054\text{千瓦} = 62568\text{千瓦时/年}$$

确定每种类型的发动机的年能耗成本。由于能耗成本为每千瓦时0.07美元，每种类型发动机的年能耗成本计算如下：

常规发动机：

$$0.07\text{美元/千瓦时} \times 65015\text{千瓦时/年} = 4551\text{美元/年}$$

PE发动机：

$$0.07\text{美元/千瓦时} \times 62568\text{千瓦时/年} = 4380\text{美元/年}$$

- 确定每种类型发动机的资本成本。前面我们假定每种类型发动机的寿命期为20年，在13%的利率下，用资本回收系数来计算年资本成本。

常规发动机：

$$13000(A/P, 13\%, 20) = 1851 \text{ (美元)}$$

PE发动机：

$$15600(A/P, 13\%, 20) = 2221 \text{ (美元)}$$

- 确定总费用年值。总费用年值等于年资本成本与年能耗成本之和。然后基于输出功率计算每千瓦时的成本。注意，每年的总输出功率是58188千瓦时（25马力×0.746千瓦/马力× 3120小时/年），我们按照如下步骤来计算：

常规发动机：

$$AEC(13\%) = 4551 + 1851 = 6402 \text{ (美元)}$$

因此，

$$\text{每千瓦时成本} = \frac{6402 \text{ 美元}}{58188 \text{ 千瓦时}} = 11.00 \text{ 分币/千瓦时}$$

PE发动机:

$$AEC(13\%) = 4380 + 2221 = 6601 \text{ (美元)}$$

因此,

$$\text{每千瓦时成本} = \frac{6601 \text{ 美元}}{58188 \text{ 千瓦时}} = 11.34 \text{ 美分/千瓦时}$$

显然, 预计发动机每年仅运行3120小时, 那么常规发动机的运行成本更低。

- ④ 确定将常规发动机置换为 PE 发动机，每单位工作时间获得的节约额（或损失额）。从常规发动机置换为 PE 发动机所需要增加的资本成本：

$$\text{增量资本成本} = 2221 - 1851 = 370 \text{ (美元)}$$

把传统发动机置换成 PE 发动机获得的能耗节约额

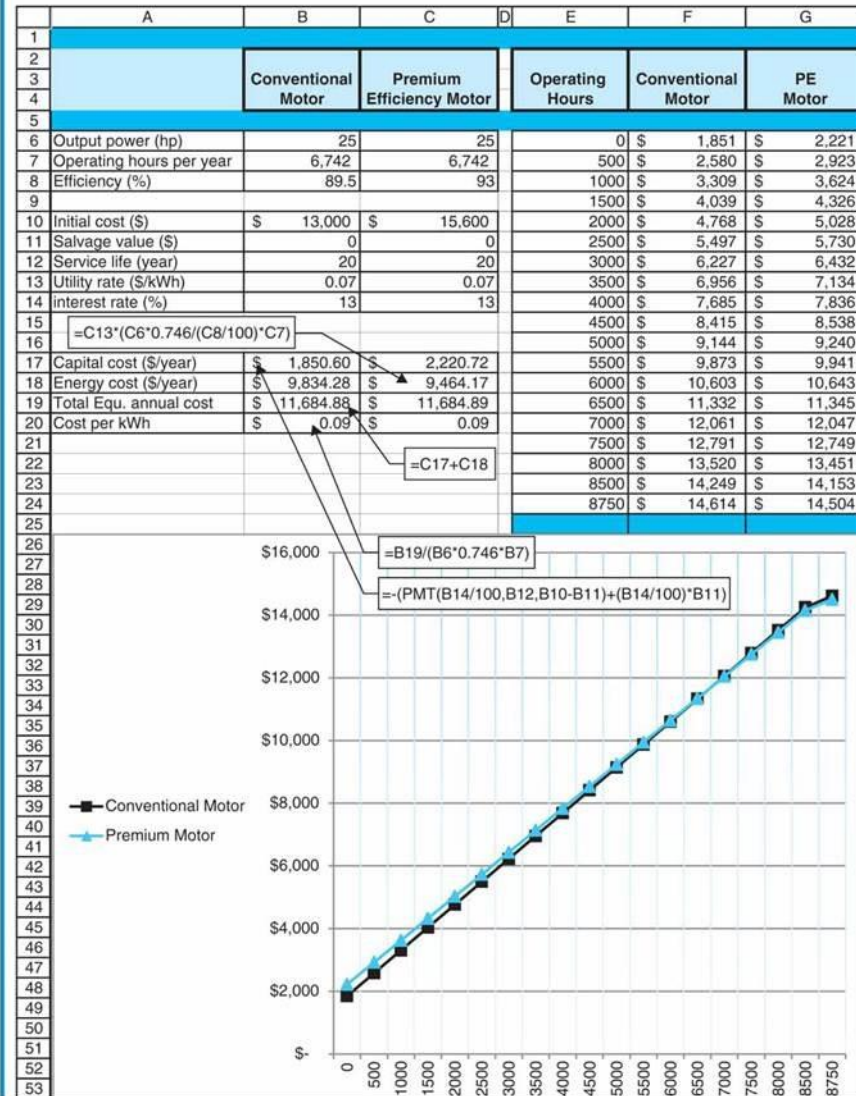
$$\text{增量能耗节约} = 4551 - 4380 = 171 \text{ (美元)}$$

每年工作3120小时，置换为 PE 发动机公司将额外花费370美元，但是能耗节约仅为171美元，这将导致每台发动机损失199美元，即每工时将损失6.38美分。

- ⊙ (b) 确定PE发动机工作时数的盈亏平衡点

如果PE发动机每年工作5000小时，问题（a）的结果是否会改变？如果发动机是24小时不间断运行，千瓦时的节约将使电子账单产生大量的年节约额，即运营成本大大节约了。

通过改变工作时数来计算费用年值，如果伯明翰钢铁公司每年使用PE发动机超过6742小时，就用PE发动机替换常规发动机。



- 5.3.2 分析期不等于项目寿命期
- 用现值分析法比较互斥方案时，必须要有一个共同的分析期。其中一种方法是替换链法（或最小公倍数法）。它假定每个方案可以根据共同分析期进行重复；然后比较分析期内的NPW, 选择NPW最高的方案。
- 年值分析法也要建立共同分析期，AE法与现值分析法相比具有计算上的优势，但是需满足以下条件：
 - 要求被选方案可以连续重复，寿命期无限长；
 - 每种方案都可以用具有相同成本和绩效的同一方案所替代。
 - 当满足以上两个准则时，依据最初寿命周期来计算每个方案的AE。

例 5.8 费用年值比较：寿命期不等

- 你正在经营一个小的机械厂，需要更换一台破旧的砂光机，现有两种不同型号可供选择：
 - ◎ 型号A是半自动化设备，需要初始投资150000美元，3年中每年的年运营成本为55000美元，第三年将被更新。预计残值为15000美元。
 - ◎ 型号B是寿命期为5年的全自动化设备，需要原始投资230000美元，预计残值为35000美元。预计年运营和维修成本为30000美元。

- 假设企业将长期采用目前的运营模式，这两种型号的设备未来的价格和运营成本没有显著变化。 $MARR = 15\%$ 时，应当选择哪种设备？运用年值法选择最具经济性的设备。
- 分析：
 - ⊙ 如果我们预计投资项目在一个不确定的时间内保持相同的生产水平，就应当假定寿命期无限长。尽管这样的分析可能很复杂和冗长，但这一假设在数学上是完全成立的。

- ⊙ 因此，对无限期的投资项目，我们通常使用项目寿命期的最小公倍数来进行有限的分析。我们考察循环5次的A方案和循环3次的B方案。每种情形都是完全替代。我们接受有限分析的结果，将其作为对未来经济行为的最佳预测。
- ⊙ 已知：型号A和型号B的现金流量，年复利 $i = 15\%$ 。
- ⊙ 求：费用年值和选择哪种设备更好？

N	型号A	型号B
0	-150000	-230000
1	-55000	-30000
2	-55000	-30000
3	+15000 -55000	-30000
4		-30000
5		+35000 -30000

■ 求解：

我们的目的是计算最小公倍数为15年期的这一期间，每种型号的费用年值。以便计算第一个周期的费用现值，然后将现值换算为等值的费用年值。整个周期都按照同样的方法计算。

◎ 型号A

对于3年期（第一个周期）

$$PW(15\%)_{\text{第一个周期}} = -150000 - 55000(P/A, 15\%, 3) + 15000(P/F, 15\%, 3) = -265715 \text{ 美元}$$

$$AEC(15\%)_{\text{第一个周期}} = 265715(A/P, 15\%, 3) = 116377 \text{ 美元}$$

对于15年期（5次重复）

$$PW(15\%)_{15\text{年期}} = -265715[1 + (P/F, 15\%, 3) + (P/F, 15\%, 6) + (P/F, 15\%, 9) + (P/F, 15\%, 12)] = -680499 \text{ 美元}$$

$$AEC(15\%)_{15\text{年期}} = 680499(A/P, 15\%, 15) = 116377 \text{ 美元}$$

◎ 型号B

对于5年期（第一个周期）

$$PW(15\%)_{\text{第一个周期}} = -230000 - 30000(P/A, 15\%, 5) + 35000(P/F, 15\%, 5) = -313163 \text{ 美元}$$

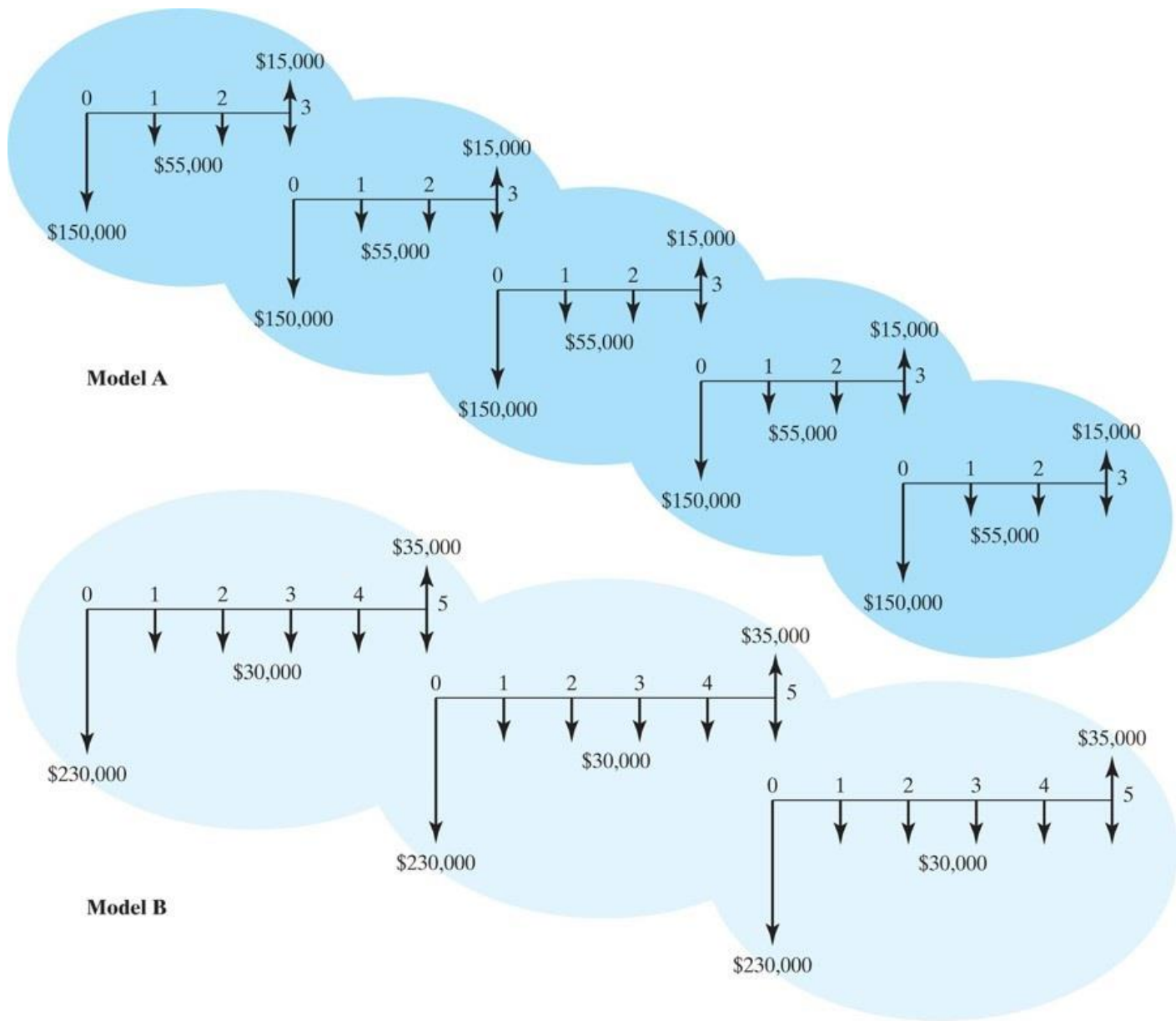
$$AEC(15\%)_{\text{第一个周期}} = 313163(A/P, 15\%, 5) = 93422 \text{ 美元}$$

对于15年期（3次重复）

$$PW(15\%)_{15\text{年期}} = -313163[1 + (P/F, 15\%, 5) + (P/F, 15\%, 10)] = -546270 \text{ 美元}$$

$$AEC(15\%)_{15\text{年期}} = 546270(A/P, 15\%, 15) = 93422 \text{ 美元}$$

因为型号A的费用年值比B的要高（116377 > 93422），因此，尽管其初始成本高，我们仍然选择型号B。



研讨

- 分析等额年值法和现值分析法的优劣。

课内作业

- 1. 你正打算花80 000美元投资流程改善项目。预计在接下来4年的收入从第1年的50 000美元以每年30 000美元增长（第1年50 000美元，第2年80 000美元，第3年110 000美元，以此类推），同时成本预计从第1年的20 000美元以每年10 000美元增加。如果在第5年末无残值，那么当 $MARR = 12\%$ 时，项目的等值年值是多少？
 - (a) 65 492
 - (b) 53 300
 - (c) 47 785
 - (d) 43 300

- 2. 你正打算购买某30马力，效能功率为89%的发动机。该发动机价值10 000美元，可用10年。预计残值1 000美元。每天发动机运行2 000小时，成本为每千瓦时0.09美元（1 马力=0.7457瓦）。当年利率为12%时，拥有和使用发动机10年的总成本（现值）是多少？
 - (a) 35 242
 - (b) 25 884
 - (c) 32 426
 - (d) 22 425

- 3. 你花费180 000美元购置了某压力钻孔机。预计其使用寿命期为10年。会计部门告诉你当 $i = 15\%$ 时，其年资本成本为33 895美元，那么获得该年资本成本的残值是多少？
 - (a) 30 100
 - (b) 35 300
 - (c) 39 967
 - (d) 42 000

- 4. 你正在考查某项目，其财务数据如下：

- ◆ 当 $n=0$ 时必要投资为5000万美元

- ◆ 项目寿命期为10年

- ◆ 预计年收益为 X 美元（未知）

- ◆ 预计年运营成本为1500万美元

- ◆ 最低期望收益率为20%

- ◆ 项目残值为初始投资的15%

- (a) $X=26.64$

- (b) $X=28.38$

- (c) $X=32.47$

- (d) $X=35.22$

当最低年收益（以100万美元为单位）为多少时该项目才值得投资？

- 5. 考虑生产设备的安装费为120 000美元。该设备在第1年的使用中预计产生45 000美元的年能耗节约额。由于增长的燃料成本预计这些年节约的价值以每年5%（超过以前的年度）增加。假设设备的寿命期为10年（或每年5000个工作时），残值为20 000美元，预计当 $i = 10\%$ 每年时每工作时的等值节约额。
 - (a) 6.99 \$/h
 - (b) 7.24 \$/h
 - (c) 4.45 \$/h
 - (d) 4.29 \$/h

- 6. 亚特兰大城市正打算为其目前的大量运输系统增加新的公交线路，该系统是连接雄野国际机场和重要城市目的地的直达部分。其总投资额为800万美元，预计持续10年，残值为750 000美元。公交的年运行和维修成本是200万美元。如果该系统每年使用600 000的行程，那么每行程合理的要价是多少？假定亚特兰大对于任何城市赞助项目都使用5%的利率。
 - (a) 3.50 \$/行程
 - (b) 4.00 \$/行程
 - (c) 4.50 \$/行程
 - (d) 4.96 \$/行程

- 7. 你正打算投资某豪华住房建设项目，其需要投资12 500 000美元，该建筑有50个单元。预计第1年的住房建筑维修成本为250 000美元，第2年300 000美元，在接下来的每年都增加250 000美元。预计每年雇佣一个经理的成本为80 000美元。使用5年后，该建筑能够以14 000 000美元的价格出售。每单元住房每年的租赁费用是多少才能满足每年15%的投资回报率？假定该建筑在5年内全部时间都被使用。
 - (a) 36 445
 - (b) 38 567
 - (c) 41 373
 - (d) 44 980

- 8. 给你的房子上漆有两种可供选择的方案：①油漆，花费5000美元；②水漆，花费3000美元。预计其寿命期分别为10年和5年。对于两种选择，在期末都无残值。假定你将持有和保养该住房10年。如果你个人所要求的年利率为10%，以下陈述哪项正确？
 - (a) 以年为基础，方案1将花费大约850美元
 - (b) 以年为基础，方案2比方案1少花费22美元
 - (c) 以年为基础，两种方案花费相同
 - (d) 以年为基础，方案2大约花费820美元

- 9. 某消费者产品公司正打算引进一种新的名为DELTA-4的剃须系统到市场上去，该公司打算每年生产7500万个DELTA-4。第1年年初用来建筑工厂的投资预计为5亿美元，预计项目经济寿命期为10年，年经营成本，包括生产成本和经营费用，预计1.75亿美元。项目残值预计价值1.2亿万美元。如果公司MARR是25%，确定一个价格使公司的DELTA-4系统能达到盈亏平衡点。
 - (a) 3.15
 - (b) 4.15
 - (c) 5.15
 - (d) 2.80