魏建中　刘荣英　编著

设备更新的技术经济分析

陕西科学技术出版社

前　言

机器设备是企业生产资料的重要组成部分。机器设备的状况和技术性能如何，直接影响着生产产品的质量、产品的生产效率和生产成本，最终决定着企业的经济效益。由于机器设备在生产过程中要发生各类磨损，使其技术性能降低、使用成本上升。因此，若不及时地进行更新，继续使用该设备就显得非常不经济。然而，何时更新，以什么样的形式更新最为有利，并非显而易见，需要进行深入的研究和分析方能做出最佳决策。

近年来，本书作者从事企业管理课程的教学，多次承担企业管理人员培训班的教学任务，并深入企业进行调查。经了解，目前我国企业设备老化、超期服役的情况相当普遍。从技术和经济角度来说，这必然影响到企业生产产品的质量和企业经济效益的提高。造成这种现象的原因甚多。但是，作为企业决策者和企业设备管理人员，尤其应重视设备更新的经济性分析，充分认识及时进行设备更新对企业、对社会的重要意义。适时、科学地进行设备更新，保证企业长期经济效益的不断提高。

该书就是在分析我国企业设备管理现状的基础上，为了适应企业设备管理的需要，培养高层次的设备管理和设备更新技术经济分析人才而撰写的。该书在介绍了设备更新的基础概念和基本原理的同时，突出设备更新的技术经济计算和

分析方法的阐述。从广义的设备更新概念出发，对设备的大修理、技术改造和更换等更新方法进行了较为系统的阐述，特别是对当前西方国家在设备更新分析中普遍应用的 MAPI 方法进行了详细介绍，实用性较强。该书可作为企业管理专业本、专科教材或教学参考书，也适合作为企业管理干部尤其是企业设备管理人员的培训教材，及工作指导书。

全书内容共分为 6 章。第 1 章讲述设备更新分析的基本知识——资金的时间价值；第 2 章讲述设备更新的基本概念——设备的磨损与折旧；第 3 章讲述设备更新的经济计算基础——设备的寿命周期；第 4 章讲述不同设备更新类型的技术经济分析方法——设备的大修理、技术改造和更新的技术经济分析；第 5 章讲述企业闲置设备的经营分析——设备退役与经营的技术经济分析；第 6 章讲述设备的连续更新、骤然更新和沉入成本。各章节力求内容简练，方法介绍与实例相结合，具有较强的针对性和实用性。

该书在写作过程中，北京钢铁设计总院教授级高级工程师于铁柱老师提供了许多资料，并进行了具体的指导和帮助，在此表示最诚挚的感谢。同时，在写作中参考了国内外大量的教材和著作，并吸收了其中部分内容，在此特作说明并向有关作者表示谢意。主要参考书目列示于后，以供读者参阅。

由于我们水平有限，书中难免有欠妥之处，敬请指正。

作　者

1995 年 10 月

目　　录

第1章 资金的时间价值和等效值计算

在现代市场经济条件下，技术进步的速度越来越快。作为企业技术基础的机器设备，不断有技术更先进、功能更全效率更高的新类型出现，而且更替的周期越来越短。用于生产过程中的机器设备，往往还没有达到其物理寿命的时候，继续使用该机器设备进行生产就显得非常不经济。于是，为了最有效率、最经济地使用机器设备，提高企业的总体经济效益，在对设备由于生产使用而产生的有形磨损和由于技术进步而产生的无形磨损进行补偿时，或对使用中的旧设备与再生产的新设备进行价值比较时，解决不同时间上发生的设备投资费用与效益的可比性问题，必须考虑设备投资资金的时间因素，并进行等效值计算，以便确定最经济的设备更新时机。因此，在研究设备更新问题时，必须首先掌握资金的时间价值及其等效值计算方法。

1.1 资金的时间价值

1、资金的时间价值概念

一笔货币如果贮藏起来，不论经过多长时间，货币的数量不会改变。但若将这笔货币投入使用，比如用来存入银

行，可以得到利息，用于投资办厂，可以得到利润。例如，今天的 100 元，通过存款或投资，1 年后便可得到比 100 元多一些的钱。总之，资金在运动中经过一定的时间，数量会增多，即会增殖，这种资金在运动过程中随着时间推移而发生的增殖，称为资金的时间价值。存款得到的利息或投资得到的利润便是资金时间价值最常见的表现形式。理解、掌握和运用好资金的时间价值，对于提高机器设备的使用效率，适时更新设备，提高经济效益具有重要意义。

将一笔钱存入银行，经过一段时间便可以得到比存入时数量多一些的钱。原来存入的货币叫本金，多得的那部分货币叫利息。单位时间（即 1 个计息周期）内利息与本金的比率叫利率。同样，如果从银行借一笔贷款，在偿还时也要付出比原贷款数额多一些的钱，多出的那部分钱也叫利息。

2、资金时间价值的计算方法

1）单利

利息的计算有单利、复利之分，仅本金生息，利息不再生息，即不把前期利息累加到本金中去的计算方式称为单利。令：$P=$本金，　$i=$利率，　$n=$计息周期数，$S_n=n$ 周期末的本利和，按单利计算如下：

在计息开始　$S_0=P$

在第一个计息周期末　$S_1=P+Pi=P(1+i)$

在第二个计息周期末　$S_2=P(1+i)+Pi=P(1+2i)$

由此类推……，在第 n 个周期末的本利和

$$S_n=P(1+ni) \tag{1-1}$$

这便是单利的计算公式。

上面所说的计息周期，可以是年，也可以是月、周、

日。以年为计息周期的利率为年利率，其余类推。我国银行目前一般实行单利，储蓄计息周期一般以月计。月利率以厘（‰）计；而国库券计息周期以年计。

［例 1－1］有人将 1000 元存入银行，定期 5 年，月利率 6 厘，问 5 年后可得本利和若干？

解：按题意 $P=1000$ 元，$n=12\times5=60$，$i=0.6\%$，5 年后本利和 $S=1000\ (1+60\times0.006)\ =1360$ 元

［例 1－2］如果这人不甘于利息不再生息，不厌其烦地于每年年末将存款连本带利取出，再随即存入。问五年后可得本利和若干？

解：按题意各年末本利和分别为：

$S_1=P\ (1+i)\ =1000\times1.072=1072$ 元

$S_2=1072\ (1.072)\ =1149.18$ 元

$S_3=1149.18\ (1.072)\ =1231.93$ 元

$S_4=1231.93\ (1.072)\ =1320.62$ 元

$S_5=1320.62\ (1.072)\ =1415.71$ 元

由例［1－1］可以看出，当本金金额较大，存期又较长时，单利计息方式是不合理的。

2）**复利**

除本金生息外，利息也生息，即把前期利息累加到本金中去，在下一周期中作为扩大了的本金的计息方式，称为复利。

令 P，S，n，i 的意义同单利，各计息周期的本利计算如表 1－1。即在第 n 计息周期末本利和

$$S_n=P\ (1+i)^n \qquad (1-2)$$

复利在无特别说明的情况下，均指年复利，即以 1 年为

1 个计息周期，此时利率指年利率。

表 1－1

计息周期	期初本金 (A)	期间利息 (B)	期末本利和 (A)+(B)
1	p	pi	$p+pi=p(1+i)$
2	$p(1+i)$	$p(1+i)i$	$p(1+i)+p(1+i)i=p(1+i)^2$
3	$p(1+i)^2$	$p(1+i)^2i$	$p(1+i)^2+p(1+i)^2i=p(1+i)^3$
…	……	……	……
n	$p(1+i)^{n-1}$	$p(1+i)^{n-1}i$	$p(1+i)^{n-1}+p(1+i)^{n-1}i=p(1+i)^n$

［例 1－3］有人将 1000 元存入银行，按复利计息，利率为 7.2%。问 5 年后可得本利和若干？

解：按题意　$P=1000$ 元，$i=7.2\%$，$n=5$，代入式(1－2)。5 年后本利和 $S_5=1000\ (1+0.072)^5=1415.71$ 元

此结果与例［1－2］结果相同。

3）**短期复利**

有时计息周期不是 1 年，而是每半年，或每季、每月、每周甚至每日计息一次。这时，每年计息的次数相应变为 2 次、4 次、12 次，52 次或 365 次。利率为方便起见，一般仍以年利率表示，称为名义利率，每个计息周期的利率则为年率（名义利率）除以每年计息次数。

［例 1－4］今将 1000 元存入银行，年利率为 12%，试分别计算：计息周期分别为 1 年、半年、1 月条件下，1 年

后的本利和。

解：由题意 $i=12\%$，$P=1000$ 元，计息周期为 1 年时，1 年后本利和 $S=1000\ (1+0.12)^1=1120$（元）

计息周期为半年时，1 年后本利和

$$S=1000\ (1+\frac{0.12}{2})^2=1123.6\text{（元）}$$

计息周期为 1 个月时，1 年后本利和

$$S=1000\ (1+\frac{0.12}{12})^{12}=1126.8\text{（元）}$$

4）**名义利率和实际利率**

当名义利率为年利率，而计息周期短于 1 年时，由于复利的缘故，实际年利率将高于名义利率。

由例［1-4］可知，在名义利率相同的情况下，计息周期越短，即年计息次数越多。1 年后的本利和越大。由利息和利率的定义 $S-P=Pi$ 或 $i=\frac{S-P}{P}$，当计息周期为半年时，计算出 $i=\frac{1123.6-1000}{1000}=12.36\%$，当计息周期为 1 个月时，计算出 $i=\frac{1126.8-1000}{1000}=12.68\%$

可见，每半年计息一次或每月计息一次时，实际得到的年利率，已不是 12%，而分别为 12.36%和 12.68%故称为实际利率。它们都高于名义利率，计息周期越短，高得越多。

令 r= 名义利率； i= 实际利率（年利率）

m= 每年计息次数 则年末本利和

$S=P\ (1+\frac{r}{m})^m$ 利息 $I=P\ (1+\frac{r}{m})^m-P$

故实际利率　$i=\frac{I}{P}=\frac{P\left(1+\frac{r}{m}\right)-P}{P}$

即：$i=\left(1+\frac{r}{m}\right)^m-1$　　(1-3)

或名义利率　$r=m\left[(1+i)^{1/m}-1\right]$　　(1-4)

式（1-3）和式（1-4）就是实际利率 i 与名义利率 r 相互换算公式。由式（1-2），短期复利 n 年后的本利和

$S_n=P\left(1+\frac{r}{m}\right)^{mn}$　　(1-5)

1.2　资金的等效值计算

一笔资金在运动过程中，随着时间的推移，在不同时刻其绝对量是会改变即增殖的。如果某人今将 1000 元存入银行，设年利率为 8%，则由复利计算公式（1-2），1 年后可得本利和 1080 元，2 年后可得 1166.4 元，3 年后为 1259.7 元，这意味着，某人愿意用今天的 1000 元换取 1 年后的 1080 元，或 2 年后的 1166.4 元。同时，也意味着银行愿意用 1 年后的 1080 元，或 2 年后的 1166.4 元……来换取今天的 1000 元。换句话说，这表明今天的 1000 元，在利率为 8%的条件下。要比 1 年后的 1000 元价值大，但与 1 年后的 1080 元，2 年后的 1166.4 元……相比较，虽然钱的绝对量不等，它们的实际经济价值是相等的。不同时间点的绝对量不等的钱，在特定的时间价值（或利率）的条件下，可能具有相等的实际经济效用，这就是钱的等效值的概念。

资金等效值计算是以复利计算公式为基础。在等效值计

算中，首先要选择时间基准点，一般把计算期的起点（往往是最初投资或存款，借款的时刻）作基准点。基准点的一笔钱的价值称为期初值或现值。按一定利率计算，经过一定时间间隔在将来某一时刻的价值称为终值或将来值。资金等值计算有以下公式。

1、整付类型

1）复利终值公式

令 P = 资金的现值　　　　　F = 资金的终值

i = 利率　　　　　　　　　n = 计息周期数

由复利计算公式（1-2）得

$$F = P(1+i)^n \qquad (1-6)$$

此式与（1-2）式完全相同，只是 P、F、i、n 的含义有所推广。P、F 在这里不仅是本金及本利和，而是资金等值概念上的现值和将来值。i 不仅指银行利率，而是指用于资金等值计算的折现率，折现率的取值可以取银行利率，也可取投资利润率，或社会平均利润率等等。复利终值公式用于已知 P，求 F。画成现金流量图 1-1，令时间为横坐标，并令现金流入为正（用向上的箭头表示），现金流出为负（用向下的箭头表示），（1-6）式可用图 1-1 表示。图 1-1 中的上下两图意义相同，仅 P、F 正负值不同。而正负值的选取，决定于计算者的观点，从借款人看，则现在借得一笔钱 P，是收入应取正值，（如图 1-1 上）。而从贷款人看，则为支出，应取负值（如图 1-1 下）。在作图时应视题意选取，本书为简化起见，在未规定 P、F 正负值时只任举其一。

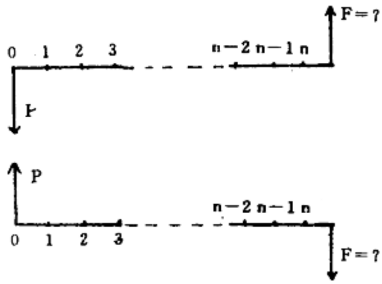

图 1-1 现金流量图

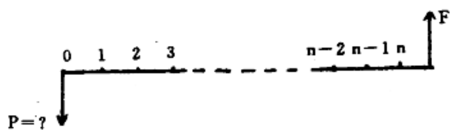

图 1-2 复利现金流量图

式（1-6）中的 $(1+i)^n$ 称为复利终值系数。由于 P、F 是一次支付的，又称一次支付（或整付）复利终值系数。

2）**复利现值公式**

当已知 F，欲求 P 时，可将式（1-6）移项即得：

$$P=F(1+i)^{-n} \tag{1-7}$$

其现金流量图为图 1-2

本式用于把将来等时刻的资金价值折算成现值，故称折

现，$(1+i)^{-n}$称为现值系数，在经济生活中，企业或个人手中拥有的将来某个时刻才能兑现的期票，当现在需要现款时，可以拿到银行去，银行按一定的利率折成现值付现，付现的金额当然低于期票票面价值，称为贴现，故折现率又称贴现率。

［例 1－5］某建筑企业正在建筑一座高楼，合同规定建成交付使用即可得到 100 万元，该楼预计 2 年后可以完工，现在该企业因资金周转不灵，愿意把 2 年后的 100 万元收入换取现款 80 万元，如果你是银行负责人，现行利率为 10%，你是否同意贴现？

解：由题意　F＝100 万元，i＝10%，n＝2

$$P=\frac{100}{(1+0.2)^2}=82.64\text{ 万元}$$

说明该合同收入的现值大于所要求的 80 万元，可以贴现，但要考虑的是，合同收入并非期票，例如，完工是否可能拖期等，若无其他风险，方可决定。

2、等额分付类型

1）年金终值公式

银行储蓄有一种零存整取，每次存入一定数额款项，到期一次提取，其现金流量图如图（1－3）及式（1－6）可知，整取时的将来值 F 为每一笔存款 A_i 的将来值的总和，即：

$$\begin{aligned}F&=A_1(1+i)^{n-1}+A_2(1+i)^{n-2}+\cdots\\&\quad+A_{n-1}(1+i)^{n-(n-1)}+A_n(1+i)^{n-n}\\&=\sum_{i=1}^{n}A_i(1+i)^{n-i}\qquad(1-8)\end{aligned}$$

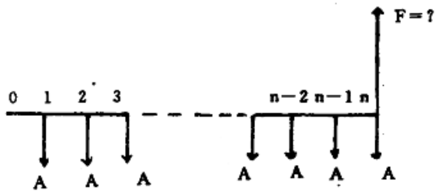

图 1-3　序列支付终值现金流量图

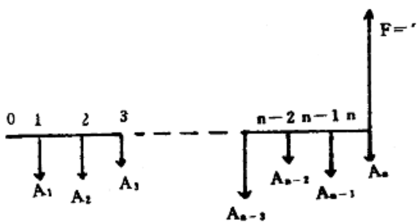

图 1-4　年金终值现金流量图

如果上述零存整取改为每次等额存款，或任何其他逐期等额收入或支出。等额序列支付 A，在间隔周期为一年的情况下，一般称为年金，求其将来值时，因 $A_1=A_2=\cdots=A_n=A$，现金流量图 1-3 变为图 1—4，计算式（1-8）成为

$$F=A\ (1+i)^{n-1}+A\ (1+i)^{n-2}+\cdots+A\ (1+i)^2+A\ (1+i)\ +A \quad ①$$

①的两边同乘以（1+i）

$$F\ (1+i)\ =A\ (1+i)^n+A\ (1+i)^{n-1}+\cdots+A\ (1+i)^2$$

$$+A\ (1+i) \quad ②$$

式 ②-①得

$$F\ (1+i)\ -F=A\ [\ (1+i)^n-1] \quad ③$$

由③得 $F=A\ [\frac{(1+i)^n-1}{i}] \quad (1-9)$

上式称为年金终值公式，$[\frac{(1+i)^n-1}{i}]$ 称为年金终值系数，用于已知 A，求 F。

值得注意的是，上述年金终值计算，与我国通常零存整取计算办法是不同的，除我国银行实行单利外，这里介绍的资金等效值计算公式中，P 发生在第一个计息周期之始，A 发生于每个计息周期之末，第一个 A 发生于第一个计息周期之末，最后一个 A 与 F 同时发生。

[例 1-6] 某人连续 6 年每年年末存入银行 1000 元，年复利率 5%，问到第 10 年末本利和共达多少？

解：到第六年末的将来值

$$F_6=1000\ [\frac{(1+0.05)^6-1}{0.05}]\ =6802\text{ 元}$$

到第十年末的将来值

$F_{10}=6802\ (1+0.05)^4=8268$ 元

2）年金储金公式

如果已知 F，欲求 A，由式（1-9）移项可得

$$A=F\ [\frac{i}{(1+i)^n-1}] \quad (1-10)$$

本式常用于为了积累一笔给定数额的基金，求每期应储金数额，故公式 $\frac{i}{(1+i)^n-1}$ 称为年金储金系数。

[例 1-7] 某企业为筹集一笔 1000 万元资金，拟分 5