第 3 章　资金的时间价值

本章关键词

资金时间价值(time-value of fund)　　名义利率(norminal interest rate)
实际利率(real interest rate)　　等值计算(equivalent calculation)

本章要点

资金在其循环周转过程中会增值,即资金的时间价值。由于资金存在时间价值,因此,不同时间点上发生的不等额资金可能具有相等的价值,即资金的等值。资金等值的应用非常广泛,既可以作为项目投资贷款或还款方式的选择依据,同时也是项目经济评价或决策的理论基础。因此,掌握资金的时间价值的基本公式和资金等值的计算对后续学习非常重要。

3.1　资金的时间价值含义

关于资金时间价值的概念,西方经济学的传统解释是:即使是在没有风险和通货膨胀的情况下,今天 1 元钱的价值也会大于一年后 1 元钱的价值。为什么今天 1 元钱的价值会大于一年后 1 元钱的价值呢? 对此他们进一步的解释是:投资者进行投资就必须推迟消费,对投资者推迟消费的耐心应给予报酬,这种报酬的量应该与推迟消费的时间成正比,因此,单位时间(一般指一年)的这种报酬对投资额的百分率就称为资金的时间价值。

西方经济学者对资金时间价值的上述解释,只是说明了资金时间价值的表面现象,并没有揭示资金时间价值的本质,即资金的时间价值到底是从哪里来的? 为了正确探讨资金时间价值的本质,需要对资金时间价值的产生过程进行科学的分析。

1. 资金的时间价值是在企业的生产经营和流通过程中产生的

西方学者把资金的时间价值解释为“是对投资者推迟消费的耐心的一种报酬”,这既不科学,也不全面。如果说“耐心”也能产生价值,那么将资金闲置不用或埋到地下保存起来也应能产生价值,而事实上这是不可能的。只有把资金投入生产和流通过程,使劳动者借助于生产资料生产出新的产品,创造出新的价值,才能实现其价值的增值。由此可见,资金的时间价值只能是在社会生产经营和流通过程中产生的。

2. 资金时间价值的真正来源是劳动者创造的剩余价值

资金只有投入生产和流通过程才能实现其价值的增值。根据马克思的劳动价值学说，这部分价值增值是劳动者在生产过程中创造的，是作为生产资料资金表现的资金同劳动力相结合的结果。任何资金如果不投入生产过程、不同劳动力相结合，都不能自行增值，更不会具有时间价值。因此，资金时间价值的真正来源是劳动者在生产中创造的剩余价值。

3. 资金时间价值的确定是以社会平均资金利润率或平均投资报酬率为基础的

资金的时间价值一般以单位时间（通常为一年）的报酬与投资额的百分率表示，即用利息率表示。但表示资金时间价值的利息率是不同于一般的利息率的。一般的利息率如存款利率、贷款利率、债券利率等都是投资报酬率的表现形式，这些投资报酬率除了包括资金时间价值因素外，还包括风险价值和通货膨胀因素。作为资金时间价值表现形态的利息率，应以社会平均资金利润率或平均投资报酬率为基础。在利润不断资本化的条件下，资金时间价值应按复利的方法计算，这是因为资本是按几何级数不断增长的。

综上所述，资金的时间价值是在不考虑风险和通货膨胀条件下的社会平均资金利润率或平均投资报酬率；它是在生产经营和流通过程中产生的，其真正的来源是劳动者创造的剩余价值。

3.2 相关概念

3.2.1 利息与利率

1. 利息与利率的概念

（1）利息

利息就是资金时间价值的一种重要表现形式。通常用利息额的多少作为衡量资金时间价值的绝对尺度，用利率作为衡量资金时间价值的相对尺度。

在借贷过程中，债务人支付给债权人超过原来借款金额（原借款金额常称作本金）的部分，就是利息，即：

$$I = F - P \tag{3-1}$$

式中：I——利息；

F——目前债务人应付（或债权人应收）的本利和；

P——借款金额，即本金。

从本质上看，利息是由于贷款所发生的利润的一种再分配。在工程经济分析中，利息常常被看作资金的一种机会成本。这是因为如果放弃了资金的使用权，相当于失去了收益的机会，也就相当于付出了一定的代价。比如，一笔资金一旦用于某项投资，它就不能用于现期消费，而牺牲现期消费又是为了能在将来得到更多的消费，从投资的角度来看，利息体现为对放弃现期消费的损失所作的必要的补偿。从另一方面来看，即使使用自有资金，无须向别人支付利息，但失去了将这笔资金存入银行而获得利息的机会，所以，占用资金是要付出代价的。由此可见，利息是指占用资金所付出的代价或者是放弃现期消费所得到的补偿。显然，利息是衡量资金时间价值的绝对尺度。

（2）利率

利率是指在单位时间内（如年、半年、季、月、周、日等）所得利息额与原来本金之比。它反映了资金随时间变化的增值率，通常用百分数表示为：

$$i=\frac{I}{P}\times 100\% \tag{3-2}$$

式中：I——一个计息周期的利息；

P——期初本金；

i——利率。

相对于利息而言，利率是衡量资金时间价值的相对尺度。利率是各国国民经济的杠杆之一，利率的高低一般由以下几个因素决定：

一是社会平均利润率。通常情况下，平均利润率是利率的最高界限。因为如果利率高于平均利润率，借款人投资无利可图，也就不会去借款。

二是金融市场上借贷资本的供求关系。在平均利润率不变的情况下，借贷资本供过于求，利率就会下降；反之，利率就会升高。

三是银行所承担的贷款风险。银行借出资本是要承担风险的，显然风险的大小也会影响利率的高低，风险越大，利率越高。

四是通货膨胀率。通货膨胀对利率的波动有直接影响，资金贬值往往会使实际利率无形中成为负值。

五是借出资本的期限长短。借款期限长，不可预见因素多、风险大，利率就高；反之，利率就低。

【例 3.1】 现借得一笔资金 10 000 元，一年后利息为 800 元，则年利率为多少？

【解】 $800\div 10\ 000=8\%$

2. 单利计算与复利计算

利息计算分为单利计算和复利计算两种。

（1）单利计算

单利计算的主要特点是仅用本金计算利息，而不计算利息所生的利息。例如，在个人多年定期存款中，银行不将第一年所获得利息转入到后一年的本金中去。

利息发生在计息周期末。如果有 n 个计息周期，则利息的计算公式为：

$$I=P\cdot i\cdot n \tag{3-3}$$

到投资期末，本金与利息之和（本利和）为：

$$F=P(1+i\cdot n) \tag{3-4}$$

式中：n——计息周期数；

F——投资期末本利和；

I、P、i 含义同式（3-2）。

【例 3.2】 某人现存入银行 10 万元，定期 3 年，年利率为 5.4%，问 3 年后本利和为多少？

【解】 $F=P(1+i\cdot n)=10\times(1+0.054\times 3)=11.62$（万元）

（2）复利计算

复利计算是指不仅对本金计算利息，而且将所获得的利息也纳入本金来计算下期利息，

也就是通常所说的“利滚利”。如借方不能按期付息就等于增加了债务本金。

复利的表述仍采用单利的符号及含义。按照复利计算，n 期内每期的利息及本利和计算见表 3-1。

表 3-1 复利本利和计算表

计息周期	期初本金	本期利息	期末本利和
1	P	Pi	$F=P+Pi=P(1+i)$
2	$P(1+i)$	$P(1+i)i$	$F=P(1+i)+P(1+i)i=P(1+i)^2$
3	$P(1+i)^2$	$P(1+i)^2 i$	$F=P(1+i)^2+P(1+i)^2 i=P(1+i)^2$
⋮	⋮	⋮	⋮
n	$P(1+i)^{n-1}$	$P(1+i)^{n-1} i$	$F=P(1+i)^n$

其复利计算公式如下：

$$F = P(1+n)^n \tag{3-5}$$

按照复利计算，n 期末的利息为

$$I = F - P = P[(1+i)^n - 1]$$

根据复利计算推算的这两个式子，可以绘复利利息 I 和计息周期 n 的关系图以及复利未来值 F 和计息周期 n 的关系图，如图 3-1 和图 3-2 所示。

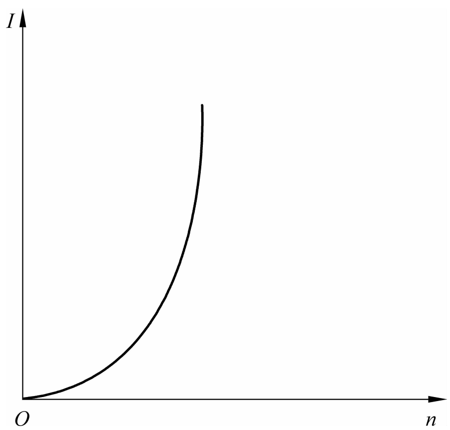

图 3-1 复利 I 和 n 的关系图

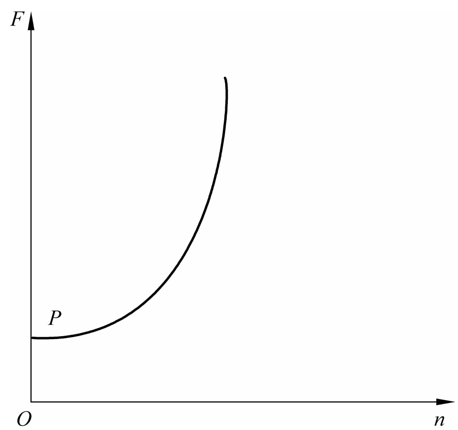

图 3-2 复利 F 和 n 的关系图

复利法是国内外工程建设投资中广泛应用的方法。在现代经济管理中，投资决策、资金回收计算、通货膨胀分析等都离不开复利计算。采用这种方法，能使企业在使用贷款时更加小心谨慎。因此复利制对合理利用资金、加快资金周转及加快工程建设都起到了积极的作用。

【例 3.3】 在例 3.2 中，若采用复利法计算，3 年后的本利和是多少？

【解】 第 1 年年末本利和：

$$F_1 = 10 \times (1 + 1 \times 0.054) = 10.54(\text{万元})$$

第 2 年年末本利和：

$$F_2 = F_1(1 + 1 \times 0.054) = 10 \times (1 + 1 \times 0.054)^2 \approx 11.11(\text{万元})$$

第 3 年年末本利和：

$$F_3 = F_2(1+1\times 0.054) = 10\times(1+1\times 0.054)^3 \approx 11.71(\text{万元})$$

与例 3.2 相比，第 3 年年末采用复利计算比采用单利计算的利息多了 900 元，可见，当利率高、周期长的项目，采用复利计息能反映出资金的时间价值。复利法的思想符合社会再生产过程中资金运动的规律，完全体现了资金的时间价值。在工程经济分析中，一般都是采用复利法。

3. 名义利率与实际利率

在工程经济分析中，复利计算通常是以年为计息周期的，但实际上计息周期也有比一年短的，如半年、季度、月、周、日等。当给定利率的时间单位与计息周期不一致时，在同样的年利率下，不同的计息周期所得的利率不同，这就引出了名义利率与实际利率这样一对概念。

(1) 名义利率

名义利率 r 是计息周期的利率 i 与名义利率包含的单位时间内计息周期数 m 的乘积，即：

$$r = i\cdot m \tag{3-6}$$

例如，按季计算利息，季利率为 3%，即年利率为 12%，每年计息 4 次。这里年利率 12% 称为名义利率。很显然，计算名义利率时忽略了前面各期利息再生的因素，这与单利的计算相同。通常所说的利率周期利率都是名义利率。

(2) 实际利率

实际利率 i 是在名义利率包含的单位时间内，按计息周期利率复利计息形成的总利率。下面我们来推导名义利率与实际利率的换算关系。

设名义利率为 r，年计息次数为 n，则一个计息周期的利率为 r/n，则一年后的本利和为：

$$F = P\left(1+\frac{r}{n}\right)^n$$

利息为：

$$I = F - P = P\left(1+\frac{r}{n}\right)^n - P = P\left[\left(1+\frac{r}{n}\right)^n - 1\right]$$

实际利率为：

$$i = \frac{I}{P} = \frac{P\left[\left(1+\frac{r}{n}\right)^n - 1\right]}{P} = \left(1+\frac{r}{n}\right)^n - 1$$

即名义利率与实际利率的换算关系为：

$$i = \left(1+\frac{r}{n}\right)^n - 1 \tag{3-7}$$

对式(3-7)进行讨论：

a. 当 $n=1$ 时，$i=r$；

b. 当 $n>1$、$i>r$，且 n 越大时，则一年内计息次数越多，年实际利率相对于名义利率越高。

一般来讲，在通常计算中所给定的利率，如果没有特别指出时，都是名义利率，而且多数情况下都是年名义利率。即当计息周期的时间单位与所给定(设定)的利率的时间单位相同时，此时给定的利率就是该时间单位的名义利率，而且此时名义利率与计算求出的实际利率

相等。

当计息周期的时间单位小于所给定利率的时间单位时，则由复利计算而确定的利率就是该给定利率时间单位的实际利率，并且实际利率要大于所给定的利率，即大于该时间单位的名义利率。

【例 3.4】 已知年利率为 12%，每半年计息一次，求年实际利率。

【解】 已知 $r_{年}=12\%$，$n=2$，则

$$i_{年} = \left(1+\frac{12\%}{2}\right)^2 - 1 = 12.36\%$$

4. 离散复利与连续复利

若一年中计息次数是有限的，称为离散复利。例如，按季度、月、日等计息的方法都是离散复利。若一年中计息次数是无限的，称为连续复利。

一般情况下，现金交易活动总是倾向于平均分布，用连续复利计算更接近于实际情况。但在目前的会计制度下，通常都是在年底结算一年的进出款，财务上也是按年支付税金、保险金和抵押费用等。因此，在一般的工程经济计算中，通常采用离散复利计算，而且以年作为计算周期。

3.2.2 资金等值

资金等值是指不同时点的不同金额可以具有相等的价值。例如，1 000 元的资金额在年利率为 10%的条件下，当计息期数 n 分别为 1、2、3、4、5 年时，本利之和 F 分别为：

$$n=1 \quad F_1 = 1\,000(1+10\%) = 1\,100(元)$$
$$n=2 \quad F_2 = 1\,000\,(1+10\%)^2 = 1\,210(元)$$
$$n=3 \quad F_3 = 1\,000\,(1+10\%)^3 = 1\,331(元)$$
$$n=4 \quad F_4 = 1\,000\,(1+10\%)^4 = 1\,464(元)$$
$$n=5 \quad F_5 = 1\,000\,(1+10\%)^5 = 1\,611(元)$$

我们说不同时点上，这笔资金绝对值不等，但从资金的时间价值上分析，现在 1 000 元与 1 年后的 1 100 元、2 年后的 1 210 元、5 年后的 1 611 元等值。

资金等值的特点是：两笔资金的数值相等，发生的时间不同，其价值肯定不等；两笔资金数值不等，发生的时间也不同，其价值却可能相等。

在方案的比较中，由于资金的时间价值作用，使得各方案在不同的时间点上发生的现金流量无法直接比较，因此，必须把在不同时间点上的现金按某一利率折算到相同的时点，使之等值后方可比较。利用资金等值的概念，把不同时间点上发生的金额换算成同一时点上的等值金额的计算过程，称之为资金等值计算。

在进行资金等值计算的过程中，会涉及以下几个概念：

(1) 折现，又称贴现，是指把将来某一时间的资金金额换算为现在时点(基准时间)的等值金额的过程。折现是评价投资项目经济效果时经常采用的一种基本方法。

(2) 现值，折算到计算基准时点(通常为计算期期初)的资金金额称为现值，一般用符号 P 表示。

(3) 终值，与现值等值的将来某一时点上的资金金额称为终值，一般用符号 F 表示。现值和终值是一对相对的概念。两时点上的等值资金，前一时刻相对于后一时刻为现值；后一

时刻相对于前一时刻为终值。

(4) 年值，又称年金，狭义的年值表示连续地发生在每年年末，且数值相等的现金流序列；广义的年值是指连续地发生在每期期末，且数值相等的现金流序列。通常用符号 A 表示。

(5) 折现率，即资金等值计算的利率，是反映资金时间价值的参数。工程经济学中利率不是专指银行贷款利率，主要指项目的收益率。

3.3 现金流量

3.3.1 现金流量的概念

工程项目一般经历建设期、投产期、稳产期和回收处理期等若干个阶段，这些阶段构成项目的整个计算分析期。建设期是指项目开始投资至项目开始投产获得收益之间的一段时间；投产期是指项目投产开始至项目达到预定的生产能力的时间；稳产期是指项目达到生产能力后持续发挥生产能力的阶段；回收处理期是指项目完成预计的寿命周期后停产并进行善后处理的时期。

从工程经济分析的角度上看，现金流量(CF)是指把评价方案作为一个独立的系统，在一定时间内流入、流出系统的现金活动。它包括现金流入量、现金流出量以及两者的差额——净现金流量。

现金流入量(CI)。在工程经济分析中，现金流入量主要有产品销售收入、回收固定资产残值、回收流动资金。现金流入用正数表示。

现金流出量(CO)。在工程经济分析中，现金流出量主要有固定资产投资、投资利息、流动资金、经营成本、销售税金及附加、所得税、借款本金偿还。现金流出用负数表示。

净现金流量(net cash flow，NCF)。项目同一年份的现金流入量减去现金流出量即为该年份的净现金流量。

为了分析方便，通常以一年作为一个投入或收益期，并将一年中的现金流入或流出的发生时间一律视为该年年末，称为“年末习惯法”，便于计算机的应用，也符合国家的规范要求。

3.3.2 现金流量图

对于一个项目而言，其各种现金流量的流入与流出、数额和发生的时间都不尽相同，为了能够正确地、更加直观地进行工程经济分析计算，有必要借助于现金流量图来进行分析。现金流量图就是一种反映资金运动状态的图式，即把现金流量绘制在一个时间坐标图中，表示出项目中各现金流入、现金流出与相应时间的对应关系，如图 3-3 所示。运用现金流量图可以全面、形象、直观地反映出不同时点上的资金运动情况。

现以图 3-3 为例说明现金流量图的做法及其规则。

(1) 水平轴表示时间坐标，时间从左向右推移。轴上每一刻度表示一个时间单位，可以是年、半年、季度、月、周、日等；零点表示时间序列的开始。

(2) 垂直于水平轴的箭线表示现金流量，箭头向上表示现金流入，即表示效益；箭头向下表示现金流出，即表示费用。

现金流量的性质，即现金的流入与流出，是相对而言的。如贷款人的流入就是借款人的

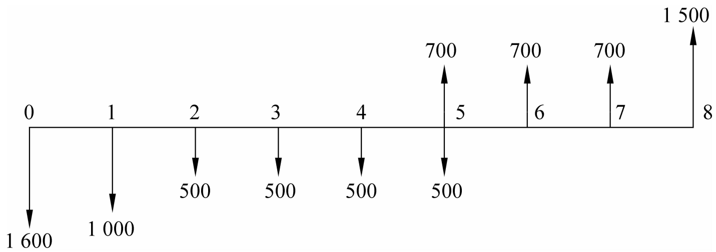

图 3-3 现金流量图

流出；反之亦然。因此，绘制现金流量图时，应首先弄清楚是站在什么立场来绘制的，立场不同，绘制出的现金流量图也不同。

（3）在现金流量图中，箭线的长短与流量的大小应该成比例。即流量大，箭线长；流量小，箭线短。但由于经济系统中各时间点的现金流量常常差额悬殊而无法成比例绘制，因此，在绘制现金流量图时，箭线的长短要能适当体现各时间点现金流量数额的差异，并在箭线上方或下方注明现金流量的数额即可。

（4）水平轴与垂直短线的交点即为现金流量发生的时间点。为了计算方便和统一起见，一般均假定现金流量的发生都集中在每期的期末。

由以上可知，要正确绘制现金流量图，必须把握好现金流量图的三要素：现金流量的大小（资金数额）、方向流入或流出及作用点（资金发生的时间点）。现金流量图是进行经济分析的有效工具，是正确进行经济分析的基础，因此，应熟练掌握。

3.3.3 现金流量与财务收支的区别

应当指出，工程经济学中研究的现金流量同会计学中研究的财务收支有重要的区别：

（1）工程经济学研究的是拟建项目未来将发生的现金流量，系统的现金流出量或现金流入量是预测的，因此，预测的精确性非常重要。而会计学研究的则是已经发生了的财务收支的实际数据，因此，统计记录的完整性和真实性非常重要。

（2）工程经济学中的现金流量计算是以特定的经济系统为研究对象的。凡是已流入或流出系统的资金，都视为现金流量而计入发生的时点。例如，固定资产投资和无形资产发生在建设期，已作为一次性支出而计入了现金流出，因此，就不能在生产经营期以产品成本费用中的折旧、摊销费的形式再计入现金流出，以免重复计算。但是在会计核算中，却以产品成本费用要素的形式逐期计提和摊销。

（3）在工程经济学研究中，由于考察的角度和范围不同，现金流量包括的内容也就不同。例如，企业上缴给国家的税金，从企业角度看是现金流出量，但从整个国民经济角度看则既不是现金流出，也不是现金流入，因为社会资源量没有变化，国民收入也没有变化，只是在国家范围内资金分配权与使用权的一种转移。而在会计学中，税金则视为企业财务支出。

（4）在工程经济学研究中的现金流量的现金，不仅指现钞，而且还包括转账支票等结算凭证。而会计学中的现金，则仅指现钞，即资金现金。

【例 3.5】 某公司有两个投资方案甲和乙。甲方案的寿命周期为 5 年，乙方案的寿命周期为 6 年。甲方案的初期投资为 100 万元，每年的收益为 60 万元，每年的运营成本为 20 万元。乙方案的初期投资为 150 万元，每年的收益为 100 万元，每年的运营成本为 20 万元，最

后回收资产残值为 40 万元。试绘制甲、乙两方案的现金流量图。

【解】 甲、乙两方案的现金流量图，如图 3-4 和图 3-5 所示。

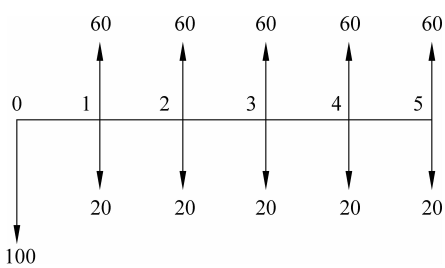

图 3-4 甲方案的现金流量图

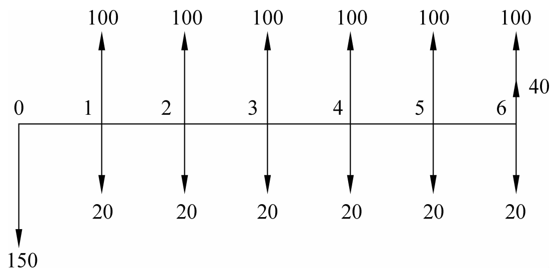

图 3-5 乙方案的现金流量图

3.4 资金时间价值的计算

每个投资项目的现金流量的发生是不尽相同的，有的项目一次投资，多次收益；有的项目多次投资，多次收益；有的项目多次投资，一次收益；也有的项目一次投资，一次收益。因此，为了解决以上各种问题的投资项目经济分析计算，可以推导几种统一的计算公式（相关公式汇总见表 3-2）。

表 3-2 复利计算基本公式一览表

支付方式		复 利 系数	已知	所求	复利计算公式
一次支付系列	终值系数	$(1+i)^n$ 或$(F/P,i,n)$	P	F	$F=P(1+i)^n$
	现值系数	$(1+i)^{-n}$或$(F/A,i,n)$	F	P	$P=F(1+i)^{-n}$
	年金终值系数	$\frac{(1+i)^n-1}{i}$或$(F/A,i,n)$	A	F	$F=A\left[\frac{(1+i)^n-1}{i}\right]$
	年金现值系数	$\frac{(1+i)^n-1}{(1+i)^n i}$或$(P/A,i,n)$	A	P	$P=A\left[\frac{(1+i)^n-1}{(1+i)^n i}\right]$
等额支付系列	偿债基金系数	$\frac{i}{(1+i)^n}$或$(A/F,i,n)$	F	A	$A=F\left[\frac{i}{(1+i)^n-1}\right]$
	资金回收系数	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$或$(A/P,i,n)$	P	A	$A=P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

3.4.1 一次支付终值和现值的计算

1. 一次支付终值的计算

一次支付终值是计算现在时点发生的一笔资金的将来值。例如，现有一笔资金 P，按年利率 i 进行投资，n 年以后的本利和 F 为多少？这项活动可用现金流量图 3-6 表示，其计算公式是：

$$F = P(1+i)^n \tag{3-8}$$

式(3-8)中,P 为现值,F 为终值,i 为利率,n 为计息周期数。表示在利率为 i、计息周期数为 n 的条件下,终值 F 和现值 P 之间的关系。$(1+i)^n$ 称为一次支付终值系数,记为 $(F/P,i,n)$,因此,式(3-7)也可以表示为 $F=P(F/P,i,n)$。

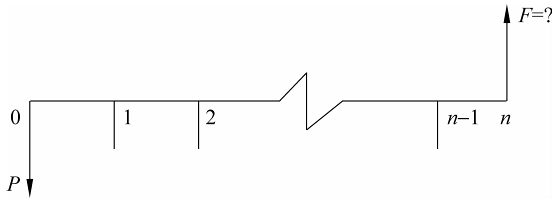

图 3-6　一次支付复利终值的现金流量图

【例 3.6】　某企业为开发新产品,向银行贷款 100 万元,年利率为 10%,借期为 5 年,问 5 年后一次归还银行的本利和是多少?

【解】　$F=P(1+i)^n=100\times(1+0.1)^5=161.1$(万元)

也可以查复利系数表进行计算。当折现率为 10%、$n=5$ 时,$(F/P,i,n)=1.6105$,故:

$$F = P(F/P,i,n) = 100 \times 1.6105 = 161.05(\text{万元})$$

2. 一次支付现值的计算

由一次支付终值公式(3-7)可直接导出一次支付现值公式为:

$$P = F(1+i)^{-n} \tag{3-9}$$

式(3-9)中,系数 $(1+i)^{-n}$ 称为一次支付现值系数,记为 $(P/F,i,n)$,因此,式(3-9)也可表示为 $P=F(P/F,i,n)$。

一次支付现值问题的现金流量图,如图 3-7 所示。

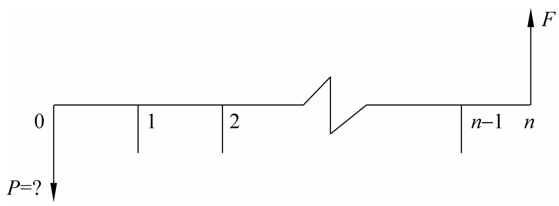

图 3-7　一次支付复利现值的现金流量图

【例 3.7】　如果银行年利率为 12%,假定按复利计算,为在 5 年后获得 10 000 元款项,现在应存入银行多少钱?

【解】　$P=F(1+i)^{-n}=10\,000\times(1+0.12)^{-5}=5\,647$(元)

或先查表求出一次支付现值系数,再作计算:

$$P = F(P/F,i,n) = 10\,000 \times 0.5647 = 5\,647(\text{元})$$

3.4.2　年金终值和现值

1. 普通年金终值和现值的计算

(1) 普通年金终值的计算

普通年金终值也称等额分付终值,是计算每年末等额发生的系列年金在 n 期末的本利