

# 绪 论

## 一、工程技术经济学科的产生与发展

工程技术经济包括工程技术和工程经济两部分。

工程( *engineering* )是指按一定的计划、应用科学知识进行的将各种资源最佳地为人类服务的专门技术,有时也指具体的科研或建设项目,如建筑、建造、环境治理等对人们生活、国民经济有益的工作。其目的就是如何将自然资源转变为有益于人类的产品,将人们丢弃的废物、废品回复自然或转化利用。它的任务是应用科学知识解决生产和生活问题来满足人们的需要。要实现资源向产品的转变,必须依赖于技术。技术( *technology* )是人类改变或控制其周围环境的手段或活动,是人类活动的一个专门领域,简单地说是知识,经验,技能,劳动工具和装备,劳动手段和劳动对象的总称。工程实践是工程师应用技术、经过努力才能完成,因此工程师必须具备工程学的知识。工程学包括研究、开发、设计、施工、生产、操作、管理和其他职能,主要依据数学、物理学、化学、材料科学、固体力学、流体力学、热力学、输运过程和系统分析等学科。

工程技术是指进行工程实践全过程所必需的技术,这些工程技术的各个方案和技术措施对企业、国民经济具有重大的影响。我们常常说应用先进的工程技术创造更好的产品、提供优质的服务,那么,什么是先进的工程技术呢?先进的工程技术是指它能够创造落后技术所不能创造的产品和劳务,它能够用更少的物力和人力创造出相同或优质的产品 and 劳务。简而言之,就是创造其他技术所不能达到的技术目标。工程技术作为人类进行生产斗争的手段应有十分明显的经济目的。

所谓经济( *economy* )按字面解释主要指节约,即社会活动中的经济合理性。工程经济既要涉及工程节约问题,涉及工程技术方案和技术措施对企业、国民经济影响的问题,还要涉及工程经济活动的组织管理问题。因此,对工程师而言,具有经济学的知识也是相当重要的。

经济学( *economics* )是研究人类社会在各个发展阶段上的各种经济活动和各种相应的经济关系及其运行、发展的规律的科学。经济活动是人们在一定的经济关系的前提下,进行生产、交换、分配、消费以及与之有密切关联的活动,在经济活动中,存在以较少耗费取得较大效益的问题。经济关系是人们在经济活动结成的相互关系,在各种经济关系中,占主导地位的是生产关系。因此,经济学是对人类各种经济活动和各种经济关系进行理论、应用、历史以及有关方法研究

的各类科学的总称。经济学的任务是使有限的生产资源得到有效的利用，以期获得不断扩大、日益丰富的商品和服务。

一般来说，以国民经济总过程的活动为研究对象，考察国民收入、就业水平、货币流通、总消费、总投资和价格水平等经济总量如何决定和如何发生波动，即将经济活动作为整体来考虑的经济学，称作宏观经济学（macroeconomics），又称为总量分析或总量经济学。而以市场经济中单个经济单位（如：家庭、厂、公司等）的经济行为作为研究对象，研究单个生产者如何以有限的资源从事生产获得最大限度的利润，研究单个消费者如何把有限收入从事消费取得最大限度的满足，即研究局部经济活动的经济学，称为微观经济学（microeconomics），又称为个量经济学或个体经济学。

工程经济学（engineering economy）正是建立在工程学与经济学基础之上的一门新型学科。随着科学技术的飞速发展，社会投资活动的增加，为了用有限的资源来满足人们的需要，可能采用的工程技术方案越来越多。工程师们不得不对许多工程问题进行决策，如：相互竞争的设计方案应该选择哪一个？正在使用的机器是否应该更新？在有限资金的情况下，如何选择投资方案？这些问题有两个明显的特点：一是每个问题都涉及技术方案选择；二是每个问题都需要考虑经济效益问题。怎样以经济效益为标准把许多技术上可能的方案互相比较，作出评价，从中选择最优方案的问题，就越来越突出，越来越复杂。因此，工程师要在日益复杂的经济环境下作出正确的决策，必须兼有工程学和经济学知识，掌握技术经济的评价方法。工程经济学这门学科就是在这样的背景下产生的。

工程经济学是一门运用工程学和经济学，在有限资源条件下，运用有效方法，对多种可行方案进行评价和决策，确定最佳方案的学科。它的任务是以有限资金，最好地完成工程任务，得到最大的经济效益。它的核心就是单个组织的经济决策，因此，工程经济学与微观经济学有着紧密的联系。同时，工程经济学与宏观经济学也有一定联系，项目的工程经济效益直接关系到社会效益的好坏。

工程技术经济学（engineering techno-economics）是研究工程技术与工程经济的相互关系的学科。它通过工程技术比较、工程经济分析和效果评价，寻求工程技术与工程经济的最佳结合，确定技术先进、经济合理的最优经济界限。

工程技术经济的产生与西方的管理科学和工程经济、前苏联的技术经济分析的发展有密切的关系。20世纪30年代以来，在西方工业发达国家曾先后产生了对工程项目和生产经营决策进行分析计算的一些方法，如可行性研究、价值工程等。该方法于20世纪50年代传入中国，并应用于重点建设项目的论证和生产企业经营状况的分析。60年代初期，创立了中国的技术经济学。80年代初，扩大了技术经济学的应用范围、并开设了技术经济方面的专业和课程。同时，扩展到工程领域，发展为工程技术经济学科。

经济规律牵涉到人们的行为和社会现象的研究，情况远比自然现象复杂多变，没有自然规律那么精密和严格，不能期望一下子找到一种能给出绝对正确结论的方法。重要的是要掌握基本的经济概念以求在实际问题中灵活地运用。一个好的工程师不仅要对他所提出的方案的技术可能性负责，也必须对其经济合理性负责，做到技术的先进性同经济合理性相一致。只有这样，他的工作才有利于社会主义经济建设，才有利于满足广大人民的需要。这就要求他掌握这门学科所探讨的规律性。

## 二、水工程技术与经济的概念及其相互联系

水是人类最宝贵的资源，是人类生存的基本条件，又是国民经济的生命线。日益严重的水资源短缺和水环境污染，就加重了对水的研究的地位和作用，特别是水的社会循环的研究，由此产生并形成了水科学与工程学科。水工程与科学是以水的社会循环为对象，研究水的供给及处理、废水的收集及治理以及水资源保护及利用的工程应用性学科。

水工程技术是研究合理利用及保护水资源，设计及建造水处理工程及水输配、收集系统工程，研制水工业产品等过程中所采用的技术。包括水处理原理、水处理工艺、水处理产品以及各类构筑物、建筑物和设备等方面技术。

保证在有限的资金条件、水资源条件下，合理地选用水工程技术，达到人们预期的工程效果，这就是水工程经济所要研究的内容。值得注意的是在进行经济活动的研究中是不能脱离工程技术的，因此水工程经济应全称为水工程技术经济。

水工程技术经济是水工程技术科学与水工程经济科学相互渗透交叉的、以经济学为理论基础，广泛应用数学、计算机和水工程技术科学进行研究的边缘学科。其主要特点是：综合性、应用性、系统性、定量性和比较性五个方面。综合性体现在水工程技术经济研究的不是纯技术，也不是纯经济，而是把技术与经济两者结合起来进行研究，以选择最佳技术方案。应用性是表明水工程技术经济的研究是将技术更好地应用于水工程经济建设，包括新技术和新产品的开发研制、水资源的综合利用的综合论证。系统性是指用系统的观点、系统的方法研究水工程技术经济问题在经济建设这个大系统中的作用、在水工程建设中的地位。定量性是指把定性研究和定量研究结合起来，并采用数学公式、数学模型进行分析评价水工程技术经济。其比较性表明在研究水工程中应采用两种以上的技术方案进行分析比较。

所谓技术方案 (technical scheme) 是指为研究解决各类技术问题所提出的办法与对策。它包括科研方案、计划方案、设计方案、施工方案、生产方案、管理方案、技术措施、技术路线、技术改革方案等等。在实际工作中，要么是根据需要提出某种技术方案以及与之适应的其他技术方案 (又称：替代技术方案或替代

方案)，并进行经济效果比较。比如：某城镇缺水，提出镇内建设自来水厂的技术方案，其替代方案可能是由附近城镇供水，并进行经济效果对比。要么是为了解决某个技术经济问题，一开始就提出几种不同的技术方案（均为替代方案），同时进行技术经济比较，评价它们各自的经济效果。比如为解决自来水厂建设位置问题，提出 A、B、C 三处用地方案。应注意的是技术方案的确定和替代方案的选择，要从实际出发，必须经过认真的调查研究才能实现。

### 三、水工程经济研究的目的及意义

水工程经济是运用工程技术科学和工程经济科学的方法，在有限资源条件下，对多种可行方案进行评价和决策，最终确定最佳方案。

其任务是研究以有限资金，在较好地完成工程任务的前提下，得到最大的经济效益。有限的资金是指按规定的时间内完成工程数量、工程质量所必需的资金。特别应注意的是不能有意压低资金用量而形成“胡子”工程，亦不能多估冒算、浪费来之不易的资金。最大的经济效益是指工程建设不但应按工期、保质量、保数量地完成，而且还应保证工程项目的正常运行，以达到资金的正常回收、获得较高的利润。

显然，水工程经济研究就是对水工程实践过程中各种技术方案的经济效益进行计算、分析和评价，以求某种技术方案能够有效地应用于工程实践中、获得更大的效益和利润。其重要意义体现在以下三个方面。

水工程经济研究是提高社会水资源利用效率的有效途径。在一个水资源有限的世界上，如何合理分配和有效利用现有的水资源以及资金、劳动力、原材料、其他能源等等，来满足人类对水的需要，如何使水工程产品以最低的成本，可靠地实现其必要功能。要做出合理的决策，则必须同时考虑技术与经济各方面的因素，进行水工程技术经济分析。

水工程经济研究是水工业企业生产出物美价廉产品的重要保证。在市场经济社会里，如果只考虑提高产品质量，不考虑成本，产品价格很高，产品也就卖不出去。降低成本，增加利润，是企业管理人员的重要任务，也是经济发展的要求。如果不懂经济，不能正确处理技术与经济关系，就不能保证企业利润的增加。

水工程经济研究是降低项目投资风险的可靠保证。在水工程项目投资前期进行各种技术方案的论证评价，一方面可以在投资前发现问题，并及时采取相应措施；另一方面对于技术经济论证不可行的方案，及时否定，从而避免不必要的损失，使投资风险最小化。如果盲目从事或凭主观意识发号施令，到头来只会造成人力、物力和财力的浪费。只有加强工程技术经济分析工作，才能降低投资风险，使每项投资获得预期收益。

#### 四、水工程经济研究的对象及内容

水工程经济研究的对象为：水工程项目的技术经济活动全过程。包括水工程项目建设的前期工作、各个阶段的可行性研究、工程设计方案评价、工程实施技术方案对比、项目运行管理的经济效果、水价格制定与评估等方面的经济评价、经济分析。

项目(project)是指一项任务,它必须具有明确的发展目标,有一定的数量和质量要求,各部分有完整的组织关系,实现目标有确定的期限,确定的投资总额,整个过程是一次性的。比如,建一座水厂、办一期培训班、完成一项科研,等等。工程项目(建设项目)是指符合项目条件的工程建设。

工程项目的经济性的研究还有个出发点问题。首先,要求工程项目的经济评价应从整个国民经济或整个社会为出发点进行考察。即:研究其宏观效果——国民经济评价。而工程项目的实现又必须落实到某个部门、地区或企业等具体单位,这些单位在经济上又有相对的独立性,它们所关心的是自己所主持的项目的局部经济效果或微观经济效果——财务评价。财务评价分为工程财务评价和企业财务评价。工程财务评价是站在投资者的角度,研究工程项目盈利能力情况;企业财务评价是站在企业本身的角度,研究企业的盈利能力情况。

理想的情况是:微观的效果与宏观的效果相一致,企业得益越多,社会也因此受益越大。这种情况下,就可以以微观效果(如企业经济评价)来间接地评价工程项目的社会效果。水工程项目中的给水工程就属此类情况。但是,由于种种原因,工程项目的宏观经济效果与微观效果也会有不一致,甚至是矛盾的情况。例如,目前的污水处理项目就属于微观效果差而宏观效果好的项目。牺牲环境、资源等来满足企业效益的项目就属于微观效果好而宏观效果差的项目。因此,作为完整的工程项目的经济评价应包括微观和宏观两个方面,并应以宏观效果作为评价的主要依据。宏观与微观不一致方面的研究将有助于国家制定合理的政策(如税收或补贴政策等),以合理调整部门或企业的得益。

水工程技术经济学研究的内容涉及水生产、分配、交换、消费各个方面和国民经济各个部门、各个方面,也涉及生产和建设的各个阶段。主要内容包括:从全局范围看,有社会进步对水工程经济发展的速度、比例、效果、结构的影响以及它们之间的最佳关系问题;水工程项目的合理布局、合理转移问题;投资方向、项目选择问题;水资源的开源与节流、生产与供应、开发与运输的最优选择问题;技术引进方案的论证问题;外资的利用与偿还、引进前的可行性研究以及引进后的效果评价问题;水价及水资源恢复费用等政策的论证、水资源流通方式与渠道的选择问题等等。从部门和企业范围来看,有厂址选择的论证,企业规模的分析,水工业产品方向的确定,水工程技术设备的选择、适用与更新的分析,原材料路

线的选择，新技术、新工艺的经济效果分析，新产品开发的论证与评价等等。从生产与建设的各个阶段看，有试验研究、勘察考察、规划设计、建设施工、生产运行等各个阶段的技术经济问题的研究，综合发展规划和工程建设项目的技术经济论证与评价等等。

水工程项目评价按项目实施过程分为：事前评价（项目的前期评价），该阶段具有预测性、有较大风险和不确定性；事中评价（跟踪评价），该阶段主要是研究原投资决策的正确性；事后评价（项目的后期评价），该阶段用于总结经验、教训。

水工程项目评价按内容可划分为：技术评价，主要研究项目技术、工艺、设备的先进性、可靠性、实用性、可操作性、节能性和环保性等内容；经济评价，即进行财务评价、国民经济评价；社会评价，即对项目是否符合公众利益；其他评价，包括环境影响评价、水土保持评价、地震影响评价、航运影响评价、征地移民动迁影响评价。

水工程项目评价按评价方法可划分为：定量分析法和定性分析法。

本书主要仅涉及水工程技术经济中的水工程经济部分，内容包括工程经济学基础；水工程建设项目估算；水工程经济与评价；工程项目财务分析；费用效益分析；价值工程；水资源的经济评价等内容。

## 五、水工程经济的作用

由于工程技术具有两重性，即技术性和经济性，对于任何一种技术，在一般的情况之下，都不能不考虑经济效果的问题。而技术的先进性与经济的合理性之间又存在着一定的矛盾。为了保证工程技术很好地服务于社会，最大限度地满足社会的要求，就必须研究在当时、当地的条件下采用哪一种技术才合适的问题。这个问题显然不是单纯的技术先进与否所能够决定的，必须通过经济效果的计算和比较才能解决。

水工程经济是用工程经济学的观点，研究水工程项目的经济性并进行经济评价。包括企业财务评价和国民经济评价，即所谓微观评价和宏观评价。

技术和经济之间也往往有相互制约和相互矛盾的一面。技术的发展要受到经济的制约，这是由于在生产实践中，技术的实现总是要依靠当时、当地的具体条件才能得以实现，包括自然条件、社会条件等。同一种技术在不同的条件下，所带来的经济效果不同；同一条件下，不同的技术，所带来的经济效果亦不同。某种技术在某种条件下体现出较高的经济效果，而在另一种条件下就不一定是这样。可能从远景的发展方向来看，应该采用某种技术，而从近期的利益来看，则需要采用另一种技术。有些技术的应用又往往受到经济条件的限制，例如：城市供水管网供给直饮水、污水的大幅度回用等先进技术之所以未能广泛采用，主要就是由于成本昂贵的问题还未完全解决。又如自动化技术可以提高劳动生产率、节约

劳动力和降低生产成本，但在某些地区和某些企业，在一定条件下就不宜广泛采用。

此外，有不少技术，如果单从技术本身来看，都是比较先进的，不过在一定条件下，某一种技术可能是最经济，效果较好，在实践中被采用；而另几种技术可能是不太经济，效果较差，在实践中一时不能采用。但是，随着事物的发展变化，原来不经济的技术可以转化为经济的技术，原来经济的技术也可能转化为不经济的技术。一切先进的技术脱离了它必要的使用条件，并非都是经济合理的。

综上所述，技术和经济既有统一，又有矛盾。为了保证水工程技术很好地服务于经济，最大限度地满足社会的需要，就必须研究在当时、当地的具体条件之下采用哪一种技术才是适合的。这个问题显然不是单单由技术是先进或落后所能够决定的，而必须通过经济效果的计算和比较才能够解决。如何使水工程技术和水工程经济相互适应，寻求技术和经济的合理结合或最佳关系，在实践中求得技术上先进且经济上合理。这就是水工程技术经济的作用。

水工程经济的基本方法是：系统综合、方案论证、效果分析，评价原则是效益最大原则。系统综合是指采用系统分析、综合分析的研究方法和思维方法，对技术的研制、应用与发展进行估计；方案论证是技术经济普遍采用的传统方法，主要是通过一套经济效果指标体系对完成同一目标的不同技术方案的计算、分析、比较；效果分析是通过劳动成果与劳动消耗的对比分析，效益与费用的对比分析等方法对技术方案的经济效果和社会效果进行评价。

具体的分析、论证、评价的方法很多，最常见的有：

1. 决定型分析评价法。它以直观判断为基础，用评价项目和评价标准，使综合评价定量化，并以得分高低判断其优劣。常用的方法有评分法、图形表示法、实数法等。

2. 经济型分析评价法。是以经济观点评价水工程技术方案的优劣，以经济最大化为准则进行选优。常用的方法有效益费用比率法、效益费用现值比较法、内部收益率法、投资回收期法等。

3. 不确定型分析评价法。主要采用盈亏分析、敏感性分析、概率分析等方法来确定可行的技术方案。

4. 比较型分析评价法。它通过对实现同一目标、满足同一技术要求的各种不同技术方案的经济计算、分析比较、论证评价，选出最优方案。

5. 系统分析法。它是把研究对象放在一个系统中进行分析与综合，找出各种可行方案，供决策者选择。分析时应考虑外部条件与内部条件的结合、目前利益与长远利益的结合、局部利益与整体利益的结合、定量分析与定性分析的结合。

6. 价值分析法。通过对水工业产品功能成本的分析，在保证产品达到必要功能的条件下，最大限度地降低产品成本。

7. 可行性分析法。它是对投资决策前进行的预先分析与估计，通过研究比较水工程建设项目的不同方案，确定技术可行和经济合理的界限。

为了使技术工作能不断提高经济效益，如前所述，技术人员在执行国家的技术政策、研制新产品、实施技术改造以及提出和审查各种技术方案时，不仅要考虑技术本身的先进性和可行性，还要考虑经济效益，进行必要的技术经济分析与论证，例如是否符合国家的产业政策，是否符合产业结构和产品结构调整的方向，是否符合市场近期和远期的需求等等，否则，技术的实施将是盲目的，不仅不能带来效益，还会造成浪费和损失。

### 思考题与习题

1. 试述工程技术的含义。
2. 试述工程技术经济学的含义。
3. 水工程技术经济的特点有哪些？
4. 试述水工程经济研究的目的和意义。
5. 试述水工程经济研究的内容。
6. 试述水工程经济研究的基本方法。

# 第一篇 工程经济学基础

## 第一章 资金的时间价值 与投资方案评价

### 第一节 利息计算

#### 一、利息的种类及计算

假定某人现以 100 元现金存入银行，一年后从银行取出 106 元，比存入金额多出 6 元，则这 6 元就是 100 元存款在一年内所存的利息。所谓利息 (interest) 是指一定数量的货币值 (本金额) 在单位时间内的增加额，利息率 (interest rate) 是指单位时间 (通常为 1 年) 的利息额 (增加额) 与本金额之比，一般用百分数表示。

用来表示计算利息的时间单位称为计息周期，简称计息期。计息期可以是年、半年、季、月等，本书如未特别指出计息的时间单位时，通常计息期是指按年计息。利息分为单利和复利两种。

#### 1. 单利计息

单利计息是指每期仅按本金 (原金额) 计算利息，而本金所产生的利息不再计算利息的一种计息方式，其利息总额与借款时间成正比。设  $P$  代表本金， $n$  代表计息期数， $i$  代表利率， $I$  代表所付或所收的总利息， $F$  代表计息期内的将来值 (即本利和) 按定义，则有：

$$\begin{aligned} I &= Pni \\ F &= P + I = P(1 + ni) \end{aligned} \quad (1-1)$$

【例 1.1】借款 1000 元，合同规定借期 3 年，年利率为 6%，单利计息，问 3 年后应还的本利和为多少？

【解】  $F = P(1 + ni) = 1000(1 + 3 \times 6\%) = 1180$  元

#### 2. 复利计息

复利计息是指借款人在每期末不支付利息，而将该期利息转为下期的本金，下

期再按本利和的总额计息。即不但本金产生利息，而且利息的部分也产生利息。若按复利方式计息，则本利和（ $F$ ）的计算式可以用公式（1-2）表示：

$$F = P(1+i)^n \quad (1-2)$$

【例 1.2】在例 1.1 中，改单利计息为复利计息，其他不变，问 3 年后应还本利和为多少？

【解】  $F = P(1+i)^n = 1000(1+6\%)^3 = 1191.02$  元

例 1.1、例 1.2 的计算过程，如表 1-1、1-2 所示。

单利计算

单位：元表 1-1

年 (1)	年初借款 (2)	年末借款 (3)	年末欠款总额 (4) = (2) + (3)	年末偿还总额 (5)
0	1000			
1	1000	$1000 \times 6\% = 60$	1060	0
2	1060	$1000 \times 6\% = 60$	1120	0
3	1120	$1000 \times 6\% = 60$	1160	1180

复利计算

单位：元表 1-2

年 (1)	年初借款 (2)	年末借款 (3)	年末欠款总额 (4) = (2) + (3)	年末偿还总额 (5)
0	1000			
1	1000	$1000 \times 6\% = 60$	1060	0
2	1060	$1060 \times 6\% = 63.60$	1123.60	0
3	1123.60	$1123.60 \times 6\% = 67.42$	1191.02	1191.02

从表 1-1、1-2 不难看出，同一笔借款，在  $i$ 、 $n$  相同的情况下，用复利计算出来的利息金额数比用单利计算出来的利息金额数大。当所借本金越大，利率越高，年数越多时，两者差距就越大。这个差距就是所谓“利生利”的结果。

### 3. 资金的时间价值

资金的时间价值又称为资金报酬原理。它是商品经济中的普遍现象，其实质是资金作为生产的一个基本要素，在扩大再生产及其资金流通过程中，资金随着时间的推移而产生增值。资金的时间价值表明，一定数量的资金，在不同的时点具有不同的价值，资金必须与时间相结合，才能表示出其真正的价值，因此，资金的时间价值是工程经济分析方法中的基本原理。

资金的增值途径随资金投入的方式而呈现差异。人们可以将钱投放于银行，也可以购买各种债券，从而获得利息；也可以购买股票，获取股息和股本增值；还可以直接投资于企业、项目等而获得利润。一般情况下，收益与风险并存，将钱存入银行或购买债券，获利较少，但由于银行平均信誉较高，因而风险较小；若将钱投资于证券市场，买股票，获利一般较银行利息高，但风险也随之增大；此

外，若将资金投入办企业等，则收益的多少不仅仅取决于投资者对市场的把握和运作，而且由于许多不确定因素的存在，风险也是不言而喻的。但是，不论资金的投入方式是什么，资金、时间、利率（含利润率）都是获取利益的三个最关键的因素，缺一不可。对我们评价一个投资方案而言，要做出正确的评价，就必须同时考虑这三者及其之间的关系，即必须考虑资金的时间价值。

资金的时间价值将借助于复利计算来表述。所以本书若无特别说明，均指按复利方式计算获益。必须指出：

在对投资方案进行经济评价时，若考虑了资金的时间价值，则称为动态评价，反之，若不考虑资金的时间价值，则称为静态评价。

## 二、名义利率与实际利率

通常复利计算中的利率一般指年利率，计息期也以年为单位。但计息期不为一年时也可按上述公式（1-2）进行复利计算。

当年利率相同，而计息期不同时，其利息是不同的，因而存在名义利率与实际利率之分。实际利率 real interest rate 又称为有效利率 名义利率 (titular interest rate) 又称为非有效利率。

【例 1.3】设年利率为 12%，存款额 1000 元，期限为一年，试按：（1）一年 1 次复利计息；（2）一年 4 次按季度 3% 计息；（3）一年 12 次按月 1% 计息，求这三种情况下的本利和。

【解】（1）一年 1 次计息： $F = 1000 \times (1 + 12\%)^1 = 1120$  元

（2）一年 4 次计息： $F = 1000 \times (1 + 3\%)^4 = 1125.51$  元

（3）一年 12 次计息： $F = 1000 \times (1 + 1\%)^{12} = 1126.83$  元

由此可见：一年中，计息的次数越多，一年末所得的本利和就越多。另外，这里 12% 对于一年 1 次计息来说，既是实际利率又是名义利率；1 次、4 次、12 次称为计息周期数，3% 和 1% 称为周期利率，由上述计算可知：

名义利率 = 周期利率 × 每年的计息周期数

若用  $r$  代表名义利率， $i'$  代表周期利率， $m$  代表每年的计息周期数，则  $r$ 、 $i'$ 、 $m$  存在下述关系：

$$r = i' \times m \quad \text{或} \quad i' = \frac{r}{m} \quad (1-3)$$

通常说的年利率都是指名义利率，如果后面不对计息期加以说明，则表示一年计息一次，此时的年利率也就是年实际利率，或说是年有效利率。

一般地，如果名义利率为  $r$ ，现在的  $P$  元现金在一年中计息  $m$  次，每次计息的利率为  $r/m$ ，根据复利计息的计算公式， $P$  元资金年末本利和为：

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

则  $P$  元资金在一年中产生的利息为： $P \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - P$ 。

根据利率的定义，利息与本金之比为利率，则年实际利率为：

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

式(1-4)所代表的公式称为离散式复利计息的年实际利率计算公式。所谓离散式复利是指按期(年、季、月、日……)计息的方式。

在例 1.3 中(1)一年 1 次计息的年实际利率  $i = \text{名义利率} = 12\%$

$$(2) \text{一年 4 次计息的年实际利率 } i = \left(1 + \frac{12\%}{4}\right)^4 - 1 = 12.55\%$$

$$(3) \text{一年 12 次计息的年实际利率 } i = \left(1 + \frac{12\%}{4}\right)^{12} - 1 = 12.68\%$$

显然，计息次数越多，实际利率越大。

### 三、连续式复利

按瞬时计息的方式，称为连续式复利，在这种情况下，复利可以在一年中按无限多次计算，其年实际利率为：

$$i = \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1$$

$$\text{考虑到: } \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m = \left[\left(1 + \frac{r}{m}\right)^{\frac{m}{r}}\right]^r$$

$$\text{且 } \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r}{m}\right)^{\frac{m}{r}} = e$$

$$\text{所以: } i = \lim_{m \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1 = e^r - 1.$$

即，如果复利是连续地计算，则：

$$i(\text{年实际利率}) = e^r - 1$$

式(1-5)称为连续式复利计息公式，

式中  $e$  —— 自然对数的底， $e \approx 2.71828$ 。

例如上例 1.3，若采取连续式计息的方式，则：

$$i(\text{年实际利率}) = e^r - 1 = (2.71828)^{12\%} - 1 = 12.75\%$$

显然，连续式计息方式的年实际利率最大。

说明：(1) 就整个社会而言，资金确实是不停地运动，每时每刻都通过生产和流通在增值，从理论上讲应采用连续复利，但在进行经济评价时，实际应用多为离散式复利的情况。

(2) 在进行投资方案比较时，如果各方案均采用相同的计算期和年名义利率，由于它们计算利息次数不同彼此也不可比，应先将年名义利率化成年实际利率后

再进行计算和比较。

#### 四、现金流量图

在经济活动中，任何工程投资方案的实现过程（寿命期或计算期）总要伴随着现金的流进（收入）与流出（支出）。为了形象地表述现金的变化过程，通常用图示的方法将方案现金流进与流出量值的大小、发生的时点描绘出来，并把该图称为现金流量图（cash flow diagram）。资金的流进（收入）叫现金流入（cash income）；资金的流出（支出）叫现金流出（cash expense）；在计算期内，资金在各年的收入与支出量叫做现金流量（cash flow）；同一时期发生的收入与支出量的代数和叫做净现金流量（net cash flow）。

现金流量图的作法，如图 1-1 所示：

(1) 画一水平直线，将直线分成相等的时间间隔，间隔的时间单位依计息期为准，通常以年为单位，特别情况下可以用半年、季、月等表示。

(2) 直线的起点为零，依次向右延伸。

(3) 用带箭头的线段表示现金流量，其长短表示资金流量的大小；箭头向上的线段表示现金流入（收入），其现金流量为正（+）；箭头向下的线段表示现金的流出（支出），其现金流量为负（-）。

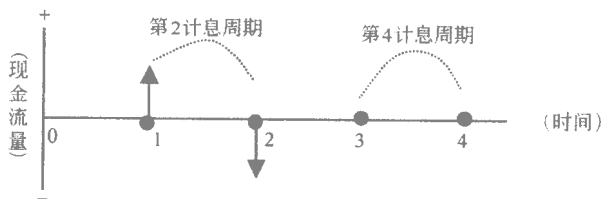


图 1-1 现金流量图的作法

需要说明的是：现金流量图中现金流入（收入）和现金流出（支出）是相对于立足点而言。另外，有时现金流量图可以简化。

【例 1.4】某人现向银行贷款 2000 元，如果年利率为 12%，复利计息，在

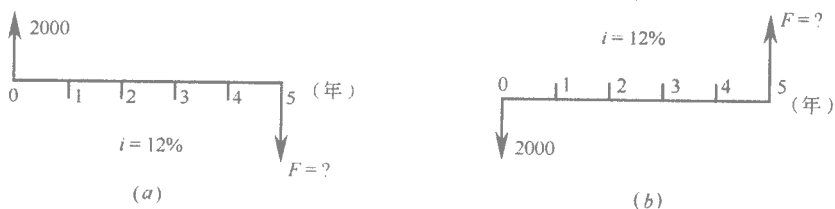


图 1-2 例 1.4 的现金流量图

第 5 年末归还本利和，试画出相应的现金流量图。

【解】若站在贷款人的角度，则本题所需的现金流量图为图 1-2 (a) 所示；若站在银行的角度来考虑，其现金流量图则为图 1-2 (b) 所示。

## 第二节 等 值 计 算

### 一、等值的含义

如果两个事物的作用效果相同，则称这两个事物是等值的。例如物理学中关于力矩的概念就是等值的好例子，假如有两力矩，一个是由 10N 和 20m 的力臂所组成的；另一个由 20N 和 10m 的力臂组成的，因二者的作用都是  $20\text{N} \cdot \text{m}$ ，所以我们说这两个事物是等值的。

在工程经济分析中，等值 (equal value) 是一个很重要的概念，货币的等值包括三个因素，金额的大小、金额发生的时间和利率大小。货币等值是考虑了资金的时间价值的等值，其含义是：由于利息的存在，因而使不同时间上的不同金额的货币可以具有相同的经济价值。比如，现在借入 100 元，年利率是 12%，一年后要还的本利和为  $100 + 100 \times 0.12 = 112$  元，因而说，现在的 100 元与一年后的 112 元等值，即实际经济价值相等。

### 二、等值计算公式

资金等值在经济分析中是一个非常重要的概念，利用等值的概念，可以把一个时点发生的资金额折算成另一时点的等值金额，这一过程叫资金等值计算。

#### (1) 常用符号

在考虑资金时间价值的计算中，常用以下符号：

$P$ ——现值 (现在值, present value)，即相对于终值的任何较早时间的价值；

$F$ ——终值 (将来值, future value)，即相对于现值的任何以后时间的价值；

$A$ ——连续出现在各计息期末的等额支付金额；

$G$ ——每一时间间隔收入与支出的等差变化值；

$i$ ——每个计息周期的利率；

$n$ ——计息周期数。

#### (2) 等值公式：(以下若无特别说明均指按复利方式计息)

##### 1) 一次支付现值公式和终值公式：

假定在时间点  $t=0$  时的资金现值为  $P$ ，并且利率  $i$  已定，则复利计息的几个计息周期后的终值  $F$  的计息公式为：

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

式 (1-6) 中的  $(1+i)^n$  称为：一次支付终值系数，简记为  $(F/P, n)$ ，其值可查附表 1-1 得到，公式对应的现金流量图为：

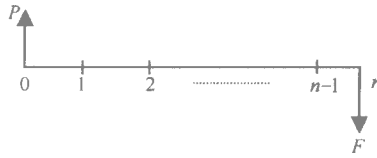


图 1-3 一次支付系列现金流量图

例如，按 6% 复利计息，将 1000 元存入银行，则四年后的终值为：

$$F = P(1+i)^n = 1000(1+6\%)^4 = 1360.5 \text{ 元}$$

在图 1-3 中，当终值  $F$  和利率  $i$  已知时，由公式 (1-6)，很容易得到按复利计息的现值  $P$  的计算公式为：

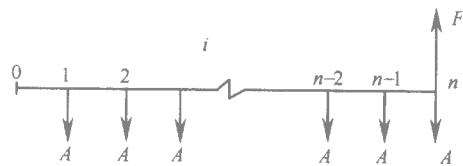
$$P = F(1+i)^{-n} \quad (1-7)$$

式 (1-7) 中的  $(1+i)^{-n}$  称为：一次支付现值系数，简记为  $(P/F, i, n)$  其值可查附表 1-2 得到。显然式 (1-7) 与式 (1-6) 互为倒数关系。

例如，某人按复利 6% 计息，想在 6 年后取出 1000 元，则现在就向银行存入现金：

$$P = F(1+i)^{-n} = 1000(1+6\%)^{-6} = 705 \text{ 元}$$

说明：将未来的金额依据某个利率按复利计息折算成现值，叫做“折现”，而这个利率称为“折现率”或“贴现率”。



2) 等额支付系列终值公式和积累基金公式

图 1-4 等额支付系列  $(F, i, A, n)$  现金流量图

在工程经济的研究中，常常需要求出连续在若干期的期末支付等额的资金  $A$ ，最后所积累起来的资金为多少。这种财务情况可用图 1-4 表示，假定利率为  $i$ ，则第  $n$  年年末积累的资金即终值  $F$  为：

$$F = A(1+i)^0 + A(1+i)^1 + \dots + A(1+i)^{n-1}$$

以  $(1+i)$  乘上式，可得：

$$F(1+i) = A(1+i)^1 + A(1+i)^2 + \dots + A(1+i)^n$$

减去前式，整理得：

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (1-8)$$

式 (1-8) 称为等额支付系列终值公式，式中  $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$  简记为  $(F/A, i, n)$ 。

称为等额支付系列终值系数，其值可以查附表 1-3 求得。

例如：某人从参加工作开始准备每年存入银行 600 元，年利率为 6%。那么此人第十年年末一共可从银行提取金额为：

$$F = A(F/A, i, n) = 600 (F/A, 6\%, 10) = 600 \times 13.1808 = 7908.48 \text{ 元}$$

与公式 (1-8) 相反，如果某人为了能在第  $n$  年末筹集到一笔钱  $F$ ，按年利率  $i$  计算，从现在开始，每年连续等额存款，各年必须存储多少？

若将公式 (1-8) 变换，则可以得到等额支付系列积累基金公式：

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (1-9)$$

式 (1-9) 中， $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$  叫做等额支付系列积累基金系数，通常用  $(A/F, i, n)$  表示，其值可以计算得到，也可查附表 1-4 而得，其现金流量如前图 1-4 所示。

例如，某人为了在 5 年后拥有 10 万元钱，以便能购买一套单位的集资房，年利率按 6% 计算，问此人从现在起平均每年应向银行存款的金额为：

$$A = F(A/F, i, n) = 10 \times 0.1774 = 1.7740 \text{ 万元/年}$$

### 3) 等额支付系列资金恢复公式和现值公式

某人以年利率  $i$  存入资金  $P$ ，他要在今后  $n$  年内连本带息在每年年末以等额资金  $A$  的方式取出，这一情况可用图 1-5 表示。

由公式 (1-6) 和 (1-9)，即由  $F = P(1+i)^n$  和  $A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1}$  有

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

公式 (1-10) 称为等额支付系列恢复公式，式中  $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$  称为等额支付系列资金恢复系数，记为  $(A/P, i, n)$ ，其值可计算也可查附表 1-5 而得。

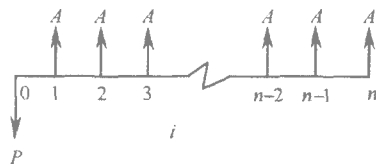


图 1-5 等额支付系列  $(P, A, i, n)$  的现金流量图

例如，某同学上大学时，家里为其一次性存入银行 4 万元，假定利率为 5%。则该同学在大学 4 年期间，每年年末可以从银行取出的资金为：

$$A = P(A/P, i, n) = 4 \times \frac{5\%(1+5\%)^4}{(1+5\%)^4 - 1} = 1.128 \text{ 万元}$$

或  $A=4(A/P, 5\%, 4) = 4 \times 0.2820 = 1.128$  万元

与公式 (1-10) 相反, 若按年利率  $i$  计算, 为了能在今后几年内, 每年年末获取相等金额  $A$  的收入, 那么, 现在必须投资的金额可用公式 (1-11) 计算。

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (1-11)$$

式 (1-11) 称为等额支付系列现值公式, 式中  $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$  称为等额支付系列现值系数, 简化为  $(P/A, i, n)$ , 其值可查附表 1-6 得到。

例如: 按年利率 6% 计算, 若水厂为了能在今后 5 年中每年年末提取 100 万元的资金, 用于设备开发研究, 则现在应存入银行的资金为:

$$P = 100(P/A, 6\%, 5) = 100 \times 4.2124 = 421.24 \text{ 万元}$$

#### 4) 均匀梯度系列公式

均匀梯度系列是一种等额增加或减少的现金流量系列。换句话说, 这种现金流量系列的收入或支出每年以相同的数量增、减发生变化。例如设备的维修费用, 往往随设备的陈旧程度而逐年增加。这类逐年上升的费用, 虽然并不严格地按线性规律变化, 但可根据多年资料, 整理成梯度系列的简化计算。

若用  $G$  代表收入或支出的年等差变化值, 有一均匀梯度变化现金流量系列如图 1-7 所示 假定  $A_1$  和  $G$  为已知, 则求与其等值的现值的公式可按下述方法推导。

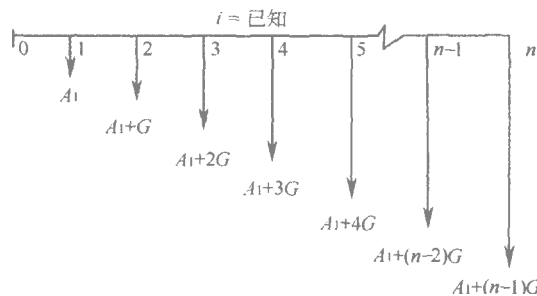


图 1-6 均匀梯度现金流量系列

我们先把图 1-6 所示的均匀梯度现金流量系列分解为如图 1-7 所示的两个现金流量系列, 一个系列为自第 1 年年末起每年年末发生等额金额  $A_1$ , 另一个系列为从第 2 年年末起发生金额  $G$ , 以后每年增加数额  $G$ 。

由图 1-7 (a) 的现金流量的等值现值为:

$$P_1 = A_1 \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

而图 1-7 (b) 的等值现值为: