

李寿声 彭世彰 编著

水利工程 经济与规划

9

河海大学出版社

水利工程经济与规划

李寿声 彭世彰 编著

前 言

在水利建设中,中央一再强调要重视投资效果,讲究经济效益。国家要求不论是新建、扩建工程还是更新、改造原有设备,都要有经济分析论证,要多方案比较,提出可行性报告。这样促使工程建设和管理部门进一步研究工程经济分析理论和方法,加强经济管理,提高经济效益,并要求学校开设有关水利工程经济课程,以适应社会主义建设需要。目前,国内工程经济参考文献已有一些,但适合我国国情的水利工程经济函授教材不多。因此,编写这种教材,对于面广量大的水利工程技术干部掌握水利工程知识是非常必要的。

本书旨在为函授生们讲解工程经济基本概念,较详细介绍水利工程经济分析和计算方法。其特点是:(1)理论联系实际。在介绍工程经济分析原理的同时,吸收和引进了国内外近年来水利经济理论和应用成果以及大量资料和数据,加以系统化,并包括有详细答案的大量实例,形成一本实用性较强的教材;(2)内容广泛。除了经济分析外,还包括财务分析和优化技术,通过本教材可学到多方面知识;(3)针对性强。无论是效益、投资、费用、水费、还是系统分析应用均密切结合水利工程实际进行分析计算,特别是结合灌溉、排水工程。教材中,以较大篇幅介绍目前国内较成熟的各种灌、排效益计算方法及投资方案选择。如灌溉效益计算,详细介绍了非充分灌溉各种产量模型。灌溉效益分摊系数推求的统计分析法以及确定水稻灌溉效益分摊系数的试验分析法等。这样,水利技术人员,可结合实际情况,加以选用其中任何一种方法。(4)本书提供一套复利表(包括利率范围从0.5%到50%复利表。1%到20%的现值定差因数 (P/G) 。年金成本定差因素 (A/G) 和实际利率与名义利率转换关系表),和《水利经济计算规范》,以节省学习者的计算时间和寻找相应资料的困难。

本书是在多年教学实践过程中,不断总结、充实和修改后编写的。由于本书是一本函授教材,故采用了那些经课堂教学和函授辅导证明了的令人满意的讲解方式和章节编排次序。全书共计八章。第一章 绪论;第二章 经济分析的基本公式;第三章 水利工程效益计算;第四章 工程投资和费用计算及分摊;第五章 工程经济分析原理与计算方法;第六章 财务分析与敏感性分析;第七章 水费计算;第八章 水资源系统分析应用。

本书在编写过程中得到不少教学、生产、科研单位有关同志支持,引用了他们的资料,有的在书中说明,除感谢外,并表歉意。

由于编者水平有限,书中会有不妥或错误之处,请读者批评指正。

编 者

一九九一年五月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 本课程的性质和意义.....	1
第二节 国内外水利工程经济发展概况.....	2
第三节 水资源系统分析应用概况.....	4
第四节 水利工程经济的研究任务.....	5
第二章 经济分析的基本公式	7
第一节 资金的时间价值.....	7
第二节 资金流通图与计算基准年.....	8
第三节 基本计算公式.....	9
第四节 对利率及经济寿命的分析.....	23
第三章 水利工程效益计算	28
第一节 灌溉工程效益.....	28
第二节 治涝工程效益.....	46
第三节 防洪工程效益.....	52
第四节 水土保持工程效益.....	55
第四章 工程投资和费用计算及分摊	59
第一节 工程投资和年费用.....	59
第二节 现行投资费用分摊方法.....	65
第三节 各种投资费用分摊方法分析.....	70
第五章 工程经济分析原理与计算方法	74
第一节 方案比较的前提.....	74
第二节 效益费用比法.....	75
第三节 内部回收率法.....	76
第四节 现值法和年值法.....	78
第五节 抵偿年限法和还本年限法.....	80
第六节 各种经济比较方法的分析和应用.....	81
第六章 财务分析与敏感性分析	93
第一节 财务分析与经济分析的区别.....	93
第二节 财务分析的内容.....	94
第三节 资金筹集方式.....	98
第四节 敏感性分析.....	99
第七章 水费计算	101
第一节 概述.....	101

第二节 供水成本及水费计算.....	101
第三节 国外水费政策及征收方法简介.....	104
第八章 水资源系统分析应用.....	107
第一节 线性规划.....	107
第二节 非线性规划.....	120
第三节 动态规划.....	128
附录一 复利因数表.....	141
附录二 《水利经济计算规范》.....	168
附录三 学习指导.....	179

第一章 绪 论

第一节 本课程的性质和意义

一、本课程的性质

水利工程经济属于应用科学,是把“工程经济学”中的基本原理与一般计算方法,如何具体应用到我国水利水电建设中来的一门专业课程。水利工程经济是随着科学技术与水利事业的发展而逐步形成对水利技术政策、技术方案进行经济效果评价的一门课程,通过经济效果的评价与论证,决定技术政策的方向,工程方案的优劣与取舍。因此,研究水利工程经济,不仅有理论的指导作用,而更为重要的是如何应用理论,解决实际工程问题。

水利工程经济主要研究在本专业领域内的经济效果理论,衡量经济效果的指标体系,以及评价经济效果的计算方法等。为了大幅度地提高社会生产力,必须确定水利水电事业发展的方向与途径,相应制订一系列有关的方针政策。在各个规划设计阶段,要论证技术政策、技术措施、技术方案的经济效果。最后,必须对计算结果或研究成果从政治、社会、技术、经济等多方面进行综合分析,全面评价。

具体而言,为达到某一目标而兴建的水利工程,总可以采用多种不同的技术方案来完成。也就是说,在客观上总存在着许多可比方案,可以进行分析论证,从中选择经济效益最佳的方案。从工程经济学的观点来看,方案的可比性一般可有以下三种情况:(1)各方案的产出相等,投入不相等;(2)各方案的投入相等,产出不相等;(3)各方案的产出和投入均不相等。经济分析的目的,就是根据经济效益这个基本准则,对各种可比方案进行评价和优选。

具体而言,水利工程的经济分析,就是要在满足国民经济发展的一定用水、用电要求下,用一定的投入,获得最大的产出,或者用最少的投入获得相同的产出,从而作出优选抉择。

所谓产出,根据经济效果的评价标准,可以是生产出来的各种不同的使用价值,也可以是指其它形式的生产成果,如总产值、净产值、利润和国民收入等。所谓投入,是指生产中的各种消耗,可以是占用奖金、物化劳动消耗、活劳动消耗和生产成本等。产出和投入之比,称为经济效果或投资效果。用最少的资金,取得尽可能大的经济效果,就是水利工程规划设计中优选方案的基本目的。

近几年来在技术经济文献中经常应用“经济效益”这一名词。效益是指有益的效果。这不包括有害的效果或不好的效果。所以经济效益是指人们在经济建设活动中所取得的东西,是指“所得”,而不包括“所失”。结合水利工程经济分析,一般情况下,我们都是采用“经济效益”这一名词,其效益大小都可用数学或货币来表示。以便进行方案评价和比较。

为了满足一定的国民经济发展需要,总可以有不同部门,采用不同技术措施的大量可比方案,需要我们做出分析和论证,从而选出经济效果最佳的方案。例如,为满足一定的电力能源需要可以提出修建水电站、火电站或核电站等比较方案,经过分析论证后,如确定修建水电站,还应进行一系列的方案比较,例如建厂地址、开发方式、电厂规模等。这些参数初步确定后,仍需

进行枢纽建筑物的型式、尺寸和电站设备等各种参数的确定。总之,为了选出经济效益最佳的方案,需要进行大量的经济分析工作,这是现代经济发展规律的必然趋势。所有从事规划,设计以及经营管理的工程技术人员,都必需掌握这一门知识。

二、研究本课程的意义

水资源(包括水能资源)的开发利用,是国民经济发展必不可少的条件。为了到本世纪末我国工农业总产值达到 28000 亿元的水平(比 1980 年翻两番),今后水利水电建设的规模是十分宏伟的。为此,现试对 2000 年的用水、用电要求作个概略的预测。

1)农业用水:全国灌溉面积已由解放初的 2.4 亿亩增如到现在的 7 亿亩,以后每年增加灌溉面积按 1000 万亩估计,则到本世纪末灌溉面积将达 9 亿亩。按每亩灌溉用水量 500~600 立方米计,则农业用水量约需 4500~5400 亿立方米左右。

2)工业用水:一般根据工业总产值估算,设每万元产值平均用水量按 500 立方米计,如本世纪末工业总产值达到 20000~22000 亿元,则工业用水量约为 1000~1100 亿立方米左右。

3)城市生活用水:根据我国若干大城市的用水量统计。人均日用水量约为 200 公升,如果到本世纪末我国城市人口由现在的 2.06 亿人控制增长到 2.2~2.4 亿人,每人每年用水量按 80 立方米计,则全国城市生活用水量将达 180~200 亿立方米左右。

以上三项用水量,估计 2000 年共约为 5680~6700 亿立方米。目前我国每年用水量约为 4000 亿立方米,因此,到本世纪末尚须增加用水量 2000 亿立方米左右。据统计,建国以来为了提供上述 4000 亿立方米左右的工农业及城市生活用水量,实际水利投资共达 1300 亿元,平均每立方米水量约需投资 0.33 元。为了满足到本世纪末增长 2000 亿立方米的用水量要求,考虑到今后水利建设条件逐渐不利,单位供水量造价将有所增长,估计到本世纪共需水利投资约 700~800 亿元。

为了保证工农业总产值翻两番的要求,电力生产必需有相应的增长,1980 年我国水、火电站装机容量共约 6000 万千瓦,发电量共约 3000 亿度,其中大中型水电站为 1500 万千瓦,预计到 2000 年末水电站装机容量将达 6000 万千瓦,相应所需投资约 900 亿元。如充分考虑水库的综合利用效益,1981 年至 2000 年的二十年间水利水电投资共需约 1500 亿元左右。如果在规划、设计、施工等各阶段进行方案比较时,充分运用客观经济规律,尽可能减少资金积压损失,只要节省资金 3~5%左右,其绝对值可达 50~100 亿元之巨。

此外,我国现已建成的水利水电工程,其固定资产已达 1000 亿元。如果按投资回收率 10%考虑,即年收益 10%计算。则年效益应为 100 亿元左右。如果提高经营管理水平,充分发挥工程效益,仅以提高效益按 5%计,相当每年为国家额外增加收益 3~5 亿元。

综上所述,无论今后增建新的水利水电工程,或者管理好已建成的数万个水利水电工程,其潜在的经济效益都是很大的,因此学习与研究水利工程经济,对提高规划设计和管理水平是完全必要的,其意义是十分重大的。

第二节 国内外水利工程经济发展概况

目前,国外流行的经济效益分析理论和方法,大致可以归结为两大类:一类是苏联和东欧国家采用的“技术经济论证”,另一类是欧美、日本所采用的“可行性研究”。

技术经济论证最早出于苏联,这是以经济观点来研究工程技术问题,把经济和技术结合起

来,对建设项目进行评价的一种方法。具体地说,即是对各种不同技术方案的预期经济效益进行分析、计算和评价,从而在方案比较中选择最优的方案。1959年苏联制定了第一个《基本建设和新技术经济效果的标准计算方法》,1969年修改后称为《投资经济效果标准计算方法》(下称《标准方法》);1980年苏联计委和国家建委核准了《确定投资经济效果标准方法》,取代了1969年的《标准方法》,至今仍是进行技术经济论证的主要依据。

可行性研究也是用来对工程建设项目评价和决策的一种方法,但其研究范围比技术经济论证要广泛得多。三十年代美国在制订田纳西河流域水利工程规划时就开始应用,第二次世界大战后得到进一步发展,目前已被许多国家广泛采用。对水利工程的可行性研究,主要内容是对工程规模、规划原则、建筑物设计、材料和动力供应、运输和施工条件以及对生态平衡影响等问题,从技术和经济两方面进行综合性的调查研究、分析计算和方案比较,并对工程建成后可能取得的经济效果进行预测,从而提出该项工程是否值得兴建和怎样兴建的意见,为投资决策提供依据。

上述两类方法的共同点是:评价的基本思想都是以“投入”与“产出”之比,或“耗费”与“收益”之比来作衡量标准,其最终目的是为了寻求技术上可行、经济上合理的最佳方案。由于这两类方法产生的社会条件不同,故其评价理论和分析方法都有较大的区别。

在理论上,苏联的技术经济论证是以马克思主义再生产为基础,强调以最小的劳动消耗为社会生产出尽可能多的使用价值;而西方的可行性研究理论基础则是边际效用价值,以获得最大利润为其目的。

在评价原则上,技术经济论证强调宏观经济效益,即以整个社会和国民经济利益为其评价标准,着重于宏观经济效益分析;可行性研究则侧重于微观经济效益,即多从企业或公司的角度来衡量技术方案是否可能获得最大利润为原则。

在研究方法上,技术经济论证采用静态分析方法为主,不考虑时间因素对资金的影响作用;可行性研究则采用动态分析方法,强调资金的时间价值。

过去,我国在进行水利工程的投资经济效益分析时,主要采用技术经济论证方法,它在建国后的恢复时期以及第一个五年计划中,发挥了一定的积极作用。目前,我国对很多工程项目也开始采用可行性研究的方法。但必须指出,资本主义国家是以企业利益为主,而我们则是在考虑企业经济利益的同时,还必须对全社会的经济效果作出客观评价,而且后者比前者更为主要。显然,社会主义国家和资本主义国家的技术方案评价原则也是截然不同的。结合我国国情,可以从政治、国防、社会、技术、经济、环境生态和自然资源等七个方面进行评价:

- 1) 政治评价(党的方针政策、政府的法令和条例等);
- 2) 国防评价(国防、军事安全等);
- 3) 社会评价(就业、劳动条件、文化条件和生活习惯等);
- 4) 技术评价(可靠、灵活、先进等);
- 5) 经济评价(经济效益等);
- 6) 环境生态评价(环境污染、生态平衡等);
- 7) 自然资源评价(保护资源、合理利用资源等)。

对技术方案进行全面的审核,判别方案的综合效果的好坏,并在各方案中选择综合效益最佳的方案,为投资决策提供科学依据等,这些都是综合评价应达到的目的。

第三节 水资源系统分析应用概况

人类自有生产活动以来无不在同自然系统打交道,古代农事、工程、医药、天文知识和成就,都在不同程度上反映了朴素的系统思想和自发应用,例如:在 2000 年以前,战国时期李冰设计建造了伟大的都江堰工程,包括“鱼咀”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程三大主体工程和 120 个附属渠堰工程,相互之间的联系关系,处理得恰到好处,形成一个协调运转的工程总体,这是目前中外闻名的一个非常成功的系统工程实践。

现代科学技术使得系统思想方法定量化,成为具有一套数学理论、能够定量处理系统各组成部分联系关系的科学方法。尤其是电子计算机的出现和应用,为系统思想的应用提供了强有力的计算工具,使其从一种哲学思想发展成为专门科学——系统工程学。而系统分析则是系统工程的定量化方法,是对系统择优的技术。

系统分析应用于水利工程,大体上开始于五十年代中期,首先是美国,到五十年代末六十年代初苏联和日本也开展水资源系统分析的研究。

至于我国,在五十年代末和六十年代初,也已开始引进了这方面的技术,目前已变成了热门科学。

众所周知,农田水利发展到今天,已变得越来越复杂,综合性越来越强,例如原来单一灌溉水源逐渐发展为多种水源的联合运用;单一枢纽的灌溉工程,已发展成蓄、引、提、大、中、小联合运行的灌溉系统;原来单纯依靠排水沟和排水闸进行排水的系统,现已发展成为撇洪沟、湖泊、河网、排水闸和抽排站联合工作、蓄泄兼筹的排水系统,而且灌溉排水系统的规划设计的效率、精度和管理水平要求也越来越高。如何经济合理的布置这些工程措施和确定它们的规模尺寸?如何使之扩建改建?如何运行管理?这都不是通过简单的计算和方法比较所能确定的,须要一种从全局、从整体出发,能考虑系统中所有因素的联系和约束,能够求解复杂问题的最优化技术,而系统分析正是这种有力的工具。

而且,水资源的开发利用,也已变得越来越紧张,许多地方出现了严重缺水情况,也出现了水资源利用很不合理的情况。水资源的开发已经从单纯的对水量、水能的要求发展到水源和环境的保护以及发展旅游等方面。因此,也要利用系统分析方法研究水资源的最优开发利用方案。

另外,系统分析方法和经济分析方法的有机结合,可以解决合理使用十分有限的建设资金,使之最大限度地发挥经济效益的问题。

在国外的水利工程中,从规划到管理,从设计到施工,从河流开发到地区性建设,从防洪发电到农田水利工程,从灌溉到除涝排水,几乎每个领域都推广了系统分析方法的应用。

近十年来,在我国水利工程的许多不同领域中应用了系统分析方法,并取得了诸多成果:

- (1)系统分析方法在南水北调东线规划工作中的应用;
- (2)利用线性规划确定圩区装机容量和留湖面积;
- (3)动态规划在沿海滩涂围垦最优规划中的应用;
- (4)蓄、引、提相结合的水资源系统最优规划方法的研究;
- (5)引滦工程系统分析;
- (6)灌区地面水和地下水资源最优联合开发应用的研究;

(7)应用大系统优化理论研究灌区优化灌溉模型;

(8)长藤结瓜式灌溉系统的随机规划研究;

(9)多种水资源联合运用研究等。

从理论发展而言,系统分析技术亦在不断发展,具有以下三个特点:

(1)由单一工程和目标的优化技术发展到多目标的流域性的混合规划;

(2)由一般的系统分析发展到大系统优化理论;

(3)由确定性规划发展到随机规划,以及模糊数学理论与系统分析方法的结合。

总之,系统分析方法在水利工程中的应用,尚处于开始阶段,前景宽广。把系统分析方法应用于实践,在实践中进一步发展系统分析方法的理论,是今后两大迫切任务。

第四节 水利工程经济的研究任务

如上所述,水利工程经济是随我国水利建设事业的发展而建立起来的一门新兴学科。为了提高水利工程的经济效益,还有许多理论和实际问题亟待我们去研究。我们一方面要学习和引进国外工程经济方面的有用理论和方法;同时必须紧密结合我国的国情,研究发展具有我国特色的水利工程经济学。学习和研究水利工程经济学的总任务,就是为了掌握客观经济规律,以求从各方面尽可能地提高已建和新建的各项水利设施的经济效益。具体地说,学习和研究水利工程经济学的任务可概括为以下六个方面的问题:

一、对已建水利工程进行经济评价,研究进一步发挥工程经济效益的途径

我国过去修建的许多水利工程,在规划设计时大多没有进行经济分析论证,实际的资料大多残缺不全。在长期的管理运用中,对其工程效益也缺乏研究。当前,对已建工程应收集整理各种有关经济资料和数据;如对工程的实际投资,应该进行全面核实计算,对短缺的资料应设法调查补齐;对工程运用期间的实际年费用应进行统计整理;对工程历年提供的经济效益,要做出客观分析计算等。在对已建工程进行全面的经济评价时,一般应完成的具体任务有:

1)针对各种不同的工程设施,研究和分析其调度和运行方案,以提高经营管理水平;在保证工程安全,充分发挥工程效益的前提下,尽最大可能增加企业和管理单位的财务收入。

2)研究并找出各类工程经济效益不高的原因(包括规划、设计、施工和管理运用上的原因),为今后水利工程建设提供可借鉴的经验和教训,促进和提高今后水利建设的效益。

3)为了满足我国四个现代化建设需要,为水利工程今后采用先进技术或扩建、改建方案提供决策依据。

• 二、对新建水利工程的投资与效益的分析

新建工程,特别是对大中型水利工程要加强投资前的研究工作,即进行可行性研究。也就是说,对工程的规划、设计、施工的各个阶段都要加以研究,并提出不同规模、不同标准和不同设计的各种可比方案,应用工程经济学的原理和方法,作出费用效益分析,并从中选择最佳方案。从而避免或减少浪费和损失。

三、对水利经济分析论证方法的研究

我国过去由于对工程经济效益,尤其是水利工程的经济效益重视不够,因此,对经济分析和论证方法研究甚少。各省、区和各流域机构采用的计算方法也很不统一,并且多直接采用苏联或欧美引进的公式进行计算。1985年元月水利电力部颁发并试行《水利经济计算规范》后,

虽然有了一个比较统一的论证和评价标准,但是其中有些条文还不够完善和具体,还需要在试行中不断研究并充实提高。因此,如何根据我国水利建设的特点,研究出一套较为实用的水利工程经济学,仍然是当前摆在我们面前的重要任务之一。

四、对技术经济指标体系的研究

技术经济指标是表明国民经济各部门、各企业对设备、原材料和资源的利用状况及其效果的指标。我国在水利工程的建设和管理中也经常采用技术经济指标体系来衡量、评价水利工程的技术经济效果,概念清晰、计算方法简便。

由于水利工程的类型很多,各类工程都有自己的特点,且管理体制也各有差别,因此,按照各类工程的特点研究具有我国特色的技术经济指标体系,作为衡量、评估该类工程规划、设计和管理运行的标准,仍有十分重要的意义。

五、对水利工程经济效益的研究

水利工程与国民经济其他部门不同,其经济效益受水文现象的影响较大。如何确切的评价水利设施的效益问题,还需做大量的研究和试验工作。例如灌溉效益,由于各年降雨量不同,作物类型和品种不同,肥料及土壤耕作条件不同,灌溉效益也是不同的。这种效益如何定量、它与灌溉水量的关系怎样、与灌溉水量投放时间关系又是如何、农业技术措施在作物增产中该占多少比重等等。上述这些数据在国外已有较多的半理论或统计分析成果,而我国在这方面的试验研究才刚刚开始,还有待进一步研究,并从中找出规律性的东西。又如在供水工程效益方面,水在各类工业生产中的地位究竟应如何确定?在什么条件下,供水投资费用和工业投资费用才可按相同的投资收益率计算,这些都应做更加深入的研究工作,以使水利工程经济效益这一定量指标具有较高的可信度。此外,其他有关水利设施的经济效益分析和计算,如防洪、除涝、水力发电、水土保持等也有类似的问题需要研究,这里就不一一举例了。

对于水利工程的附属效益、负效益、无形效益等应在什么情况下考虑和应该如何计算或表达,这些都是尚无定论,尚需统一认识和有待研究解决的问题。

六、对水利经济直接有关的一些政策问题的研究

自国务院 1985 年发布《水利工程水费核订、计收和管理办法》及水利电力部发布《水利经济计算规范》以来,对于水费计收标准、使用和管理等一般都有章可循。但是在具体实施中还有很多困难:如供水成本应如何核算才比较合理可行;各类水利工程的折旧年限、折旧计算方法以及大修理费、折旧费如何提取的问题;农田水利主体工程 and 配套工程的投资如何筹措和偿还的问题;在我国农产品价格实行补贴政策的条件下,价格这个关键数据在经济分析中应当如何取值等等。这些涉及政策性方面的数据定量问题,都有待进一步的研究和探讨。

总之,水利建设不仅直接关系到工农业生产的发展,而且还影响到整个国民经济的发展。因此,大力加强水利工程经济学的研究、推广和应用,对加速水利工程建设,提高水利工程的经济效益,促进工农业生产和国民经济的发展都具有十分重要的意义。

思考题

1. 经济效益和经济效果的概念。
2. 在我国社会主义条件下,评价一项水利工程的经济效益时应遵循一些什么原则?
3. 试述在当前水利工程中应该研究哪些课题?

第二章 经济分析的基本公式

第一节 资金的时间价值

所谓资金的时间价值,是指一定量的资金在生产过程中通过劳动可以不断地增加新的价值,即资金的价值可以随时间不断地发生变化。如将一定量的资金投入(即投资)某一生产事业,用这部分资金购置机器设备、原材料等项后,通过劳动者的劳动,除创造必要劳动价值外,还创造剩余劳动价值。前者的货币表现形式即为劳动者的工资,后者即为税金与利润。单位资金所获得的利润,称为资金利润率,当资金与利润率确定后,利润是随生产时间的延续而不断地增值。

因为钱有时间价值,所以借用一个时期的钱,就要付出一定的代价,在此基础上,利息可定义为:为所借的钱而付出的钱数,或由资金产生的报酬。利率是在规定的期间之末收入或支出的利息数,与在该期间之初借或贷的款数之比,通常用百分率表示。在工程经济计算中,利率一般是指年利率,如向银行借款 1000 元,一年后要还 1060 元。即利息为 60 元,年利率为 $60/1000=6\%$ 。利息的计算,一般有单利和复利两种。

1、单利:

单利是按利息的期数来计算利息,其总利息与利息的期数(如年数)成正比

$$F = P(1 + ni)$$

式中: F ——第 n 年末的本利和

P ——年初本金(现值);

i ——年利率;

n ——期数(年)

例如,借款 1000 元,年利率为 6%,则各年的年终欠款如表 2-1 所示

表 2-1

年份	年初借款	年末贷款利息	年末本利和
1	1000	$1000 \times 0.06 = 60$	1060
2	1060	$1000 \times 0.06 = 60$	1120
3	1120	$1000 \times 0.06 = 60$	1180
4	1180	$1000 \times 0.06 = 60$	1240

2、复利：

若每年的应付利息算到上一年末欠付的本利和上，则此利息称为复利。复利是以年初的总款额(本利和)来结算利息，逐年累计重复计算。

$$F = P(1 + i)^n$$

式中符号同前。

我们仍以上表为例，计算各年的年终欠款如表(2-2)所示。

表 2-2

年份	年初借款	年末贷款利息	年末本利和
1	1000	$1000 \times 0.06 = 60$	$1000(1 + 0.06)^1 = 1060$
2	1060	$1060 \times 0.06 = 63.6$	$1000(1 + 0.06)^2 = 1123.6$
3	1123.6	$1123.6 \times 0.06 = 67.42$	$1000(1 + 0.06)^3 = 1191.02$
4	1191.02	$1191.02 \times 0.06 = 71.46$	$1000(1 + 0.06)^4 = 1262.48$

用单利和复利计算，两者有明显的差别，同样借款 1000 元，年利率为 6%，用单利计算四年后需还 1240 元，而用复利计算要还 1262.8 元。两者相差 22.48 元，如果款额增大，计算年限愈长，用复利计算的数目比单利计算数目增加更多。在水利工程经济分析中，一般均采用复利计算公式。

第二节 资金流程图与计算基准年

一、资金流程图

上面已提到，为了提高工程的经济效益，必须考虑资金的时间价值。为此，在整个生产过程中，必须知道资金数量的多少与运用资金的具体时间，由于各年资金的收支情况是比较复杂的，在施工基建阶段，工程需要逐年投入资金并不相等，一般规律是开始投资比例较小，后来逐年增多，至基建后期投资又逐渐减少，至基建结束时，由于施工机械及部分建筑物不再需要而可按新旧程度折价给其他单位，因而尚可回收一部分资金，总投资减去这部分回收的资金，即为工程造价，或称工程的净投资。由于水库是逐渐蓄水的，水利水电工程的机电设备是逐渐安装投入运行的，自第一台机组投入运行(或第一部分灌溉面积开始生效)后至工程全部发挥效益之这一阶段，称为初始运行期内，每年须安装机组，对设备是进行配套，并有部分土建工程扫尾工作，为此每年须相应支付投资、年运行费及利息等，在初始运行期内，每年均有工程效益，而且逐年有所增加。当水库蓄水达到正常状态，水电站全部机组安装完毕(或全部灌区配套生效)，即投入正常运行期。在正常运行期内，虽然每年有年运行费、还本付息等费用支出，但由于工程已全部发挥效益，一般收入大于支出，由于各阶段资金收支情况变化较多，可以用资金流程图示意说明。资金流程图以横坐标表示时间，时间的进程方向为正，反之为负；以纵坐标表示资金的数量，收入为正，支出为负。根据上述假定，即可作出资金流程图，参阅图 2-1。

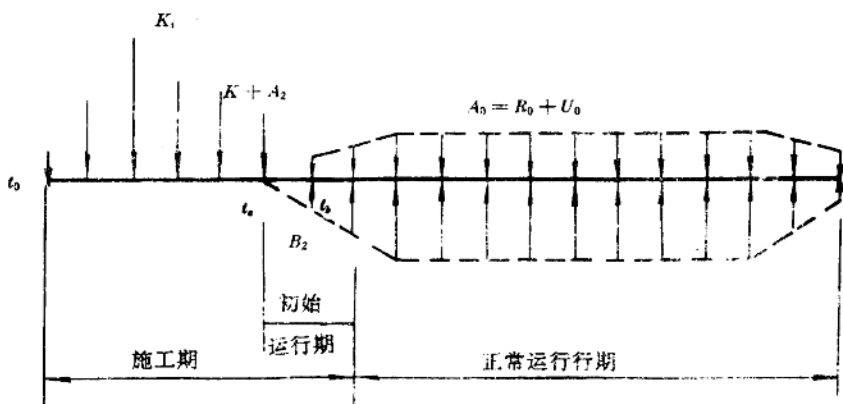


图 2-1 资金流程图

图中表示:施工期由 t_0 至 t_1 为止,在此期内,主要支出为投资 K_1 ,初始运行期为 t_1 至 t_2 ,在此期内,部分工程或部分机组陆续投入运行,因而收入 B_t 逐年增加,但费用支出 $K_t + A_t$ 也有增加趋势,其中安装、配套投资 K_t 与该年安装配套工程量成正比例。年运行费 U_t 和还本付息费 R_t ($A_t = R_t + U_t$) 则随着工程量或机组台数投入运行逐年增多而相应增加。在正常运行期 ($t_2 \sim t_3$) 内,由于工程已全部发挥效益 B_0 ,相应年运行费 U_0 及还本付息费 R_0 可假设为一常数。正常运行期 $n = t_3 - t_2$ 的年数较长,对水利水电工程可假设 50 年。在正常运行期的最后几年,由于部分机组已在初始运行期先行投入生产,而各机组的经济寿命均为相同(假设均等于 n 年),因此这部分先行投入运行的机组,须相应提前退出运行,因此在正常运行期的最后几年(其年数等于初始运行期年数 $t_2 - t_1$),年效益 B_t 与年费用 A_t 均相应逐渐减少。

二、计算基准年

由于资金收入或支出的数量各时间均不相同,因而存在资金的时间价值不同的问题,为了统一核算,便于综合分析评价,常须引入计算基准年的概念,相当于图解计算中须首先确定坐标轴及原点。计算基准年可以选定在正常运行期开始之初,也可以选择在施工期开始之初,甚至可以任意选定某一年为基准年,完全取决于财务习惯与计算方便,对计算结论并无影响。

第三节 基本计算公式

基本公式常用的几个符号先加以说明,以便进行讨论。

- P ——本金或资金的现值,现值 P 是指对于基准年(或当年)年初的数值;
- F ——到期的本利和,是指从基准年起第 n 年年末的数值,或称将来值或终值;
- A ——等额年金值,是指第一年至第 n 年每年末的一系列等额数值;
- G ——等差系列的相邻差值;
- i ——利率或贴现率(折现率),常以 % 计;
- n ——期数,通常以年数计。

一、一次收付公式

1、一次收付将来值公式

已知本金现值 P , 求 n 年后的将来值 F 。设年利率为 i , 则第一年年末的本利和为 $F = P(1+i)$, 第二年年末的本利和为 $F = P(1+i)(1+i) = P(1+i)^2$, 以此类推, 可求出第 n 年年末本利和为:

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

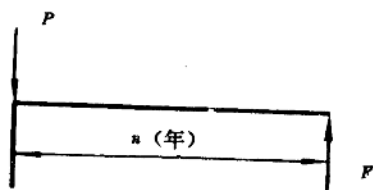


图 2-2 一次收付将来值计算

这个问题相当于银行的整存整取, 式(2-1)中的 $(1+i)^n$, 称为一次整付复利因子 (Single payment Compound Amount Factor), 以符号 $[F/P, i, n]$ 表示。

例: 已知本金现值 $P = 100$ 元, 年利率 $i = 10\%$ 年后的本利和(将来值) F 为多少?

解: 根据 $i = 10\%$, $n = 10$, 查表或由计算得:

$$[F/P, i, n] = (1+i)^n = (1+0.1)^{10} = 2.5937$$

故 $F = P[F/P, i, n] = 100 \times 2.5937 = 259.37$ 元。

2、一次收付现值公式 已知 n 年后的将来值 F , 反求现值 P 。

由式(2-1)可求出:

$$P = F/(1+i)^n = F[P/F, i, n] \quad (2-2)$$

式中 $1/(1+i)^n$ 称为一次收付现值因子 (Single Payment present Worth Factor), 以 $[P/F, i, n]$ 表示。 i 为贴现率或折现率, 其值一般与利率同。

这种把将来值折算为现在价值(现值)的方法, 称为贴现法或折现法。

例: 已知 10 年后某工程可获得年效益 $F = 100$ 万元, $i = 10\%$, 问相当于现在的价值(现值) P 为多少?

解

$$\begin{aligned} P &= F[P/F, i, n] = F\left[\frac{i}{(i+1)^n}\right] \\ &= 100\left[\frac{i}{(i+0.1)^{10}}\right] \\ &= 38.554 \text{ 万元} \end{aligned}$$

二、等额多次收付方式

1. 分期等付将来值公式

已知一系列每年年末偿付等额年金值 A , 求 n 年后的本利和 (将来值) F 。这个问题相当于银行的零存整取。

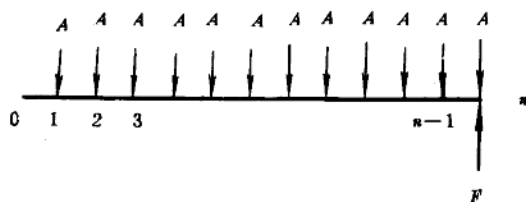


图 2-3 分期等付将来值计算

由图 2-3 可知, 第一年年末偿付 A , 至第 n 年年末可得本利和 $F_1 = A(1+i)^{n-1}$, 第二年年末偿付 A , 至第 n 年年末可得本利和 $F_2 = A(1+i)^{n-2}$, ..., 第 $(n-1)$ 年年末偿付 A , 至第 n 年年末可得本利和 $F_{n-1} = A(1+i)$, 第 n 年年末偿付 A , 则当时只能得 $F_n = A(1+i)^0 = A$, 到第 n 年年末的总本利和为:

$$\begin{aligned} F &= F_1 + F_2 + \cdots + F_n \\ &= A + A(1+i)^1 + A(1+i)^2 + \cdots + A(1+i)^{n-2} + A(1+i)^{n-1} \quad (2-3) \end{aligned}$$

等式 (2-3) 两边同乘以 $(1+i)$, 得:

$$\begin{aligned} F(1+i) &= A(1+i) + A(1+i)^2 + A(1+i)^3 + A(1+i)^{n-2} \\ &\quad + A(1+i)^{n-1} + A(1+i)^n \quad (2-4) \end{aligned}$$

两式相减, 得:

$$F(1+i) - F = A(1+i)^n - A$$

移项后得:

$$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (2-5)$$

式中 $\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$ 称为分期等付复利因子 (Uniform Series Compound Amount Factor), 以 $(F/A, i, n)$ 表示。

例: 设每年年末存款 100 元, 年利率 $i=10\%$, 第 10 年年末的本利和 (将来值) F 为多少?

解: 根据 $i=10\%$, $n=10$, 查表或由计算得:

$$\begin{aligned} [F/A, i, n] &= \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] = \left[\frac{(1+0.1)^{10} - 1}{0.1} \right] \\ &= 15.937 \end{aligned}$$

故第 10 年年末的本利和 $F = A[F/A, i, n] = 100 \times 15.937 = 1593.7$ 元。

2. 基金存储公式

设已知 n 年后需更新机组设备费 F , 为此须在 n 年内每年年末预先存储一定的基金 A 。关于 A 值的求算, 实际上就是式(2-5)的逆运算, 即

$$A = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2-6)$$

式中 $\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$ 称为基金存储因子 (Sinking Fund Deposit Factor), 以 $[A/F, i, n]$ 表示。

例: 已知 25 年后需更换水电站机组设备费 $F=100$ 万元。在它的经济寿命 $n=25$ 年内, 问每年年末须提存多少基本折旧基金 A ? 已知 $i=10\%$ 。

解:

$$A = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = F[A/F, i, n]$$

因 $\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = \frac{0.10}{(1+0.10)^{25} - 1} = 0.01017$, 故每年年末须提存基本折旧基金 $A=1.017$ 万元。

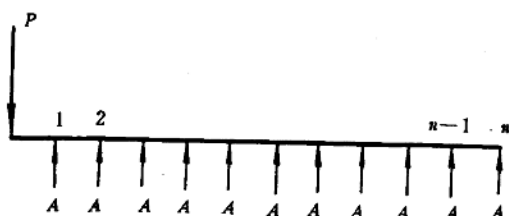


图 2-4 本利摊还计算

3. 本利摊还公式

设现在借入一笔资金

P , 年利率为 i , 要求在 n 年

内每年年末等额摊还本息 A_1 保证在 n 年后清偿全部本金和利息。

由图 2-4 可知: 第 1 年年末偿还本息 A , 相当于现值 $P_1 = \frac{A}{(1+i)^1}$, 第 2 年年末偿还本息

A , 相当于现值 $P_2 = \frac{A}{(1+i)^2}$, ..., 第 n 年年末偿还本息 A , 相当于现值 $P_n = \frac{A}{(1+i)^n}$, 在 n 年内共偿还本息总和相当于现值 $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$, 即

$$P = \frac{A}{(1+i)} + \frac{A}{(1+i)^2} + \dots + \frac{A}{(1+i)^n} \quad (2-7)$$

即

$$P(1+i)^n = A(1+i)^{n-1} + A(1+i)^{n-2} + \dots + A$$

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

上述两式相减得:

$$P[(1+i)^{n+1} - (1+i)^n] = A[(1+i)^n - 1]$$