

张仁颐 编

船舶技术经济 论证方法

上海交通大学出版社

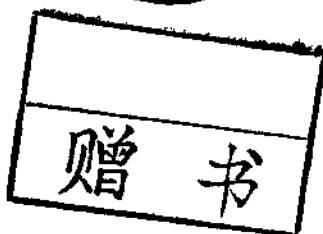
425313

V673.2

523

船舶技术经济论证方法

张仁颐 编



00425313

上海交通大学出版社

田宝荣

内 容 简 介

本书着重介绍船舶技术经济论证的基本原理、方法和步骤。全书共计8章,主要内容包
括:货币的时间价值,船舶和船舶运输系统的经济指标,论证中需考虑的经济和财务因素,船
舶技术经济论证的步骤和方法,船队和运输系统的技术经济论证及船队调度的探讨,船舶技
术经济论证中经济参数的预测,船舶的经济寿命和更新分析,船舶技术经济论证中的不
确定性和风险分析。为了便于理解应用,书中附有必要的例题,书末还附有参考文献供查
考。

本书可作为高等院校船舶与制造专业的教材,亦可供从事船舶设计、建造、研究和开发,
航运管理、规划等工程技术人员参考。

船 舶 技 术 经 济 论 证 方 法

出 版:上海交通大学出版社

(淮海中路1984弄19号)

发 行:新华书店上海发行所

印 刷:江苏太仓印刷厂

开 本:787×1092(毫米) 1/16

印 张:20

字 数:493000

版 次:1989年12月 第1版

印 次:1989年12月 第1次

印 数:1—665

科 目:211—315

ISBN7—313—00608—X/U·66

定价:3.95元

前 言

本书系根据编者多年来的科研实践和在上海交通大学船舶与海洋工程系所授船舶设计专业研究生学位课程“船舶技术经济论证方法”的教学大纲编写而成。经全国 9 所有造船专业的院校审定。1988 年 5 月在大连召开的全国造船专业统编教材会议上,确定本书为船舶设计与制造专业研究生教材,可用作有关院校船舶与海洋工程系、航运管理系等学生的教学参考书,亦可供从事船舶设计、建造、研究、开发,进行航运规划、决策等方面的科技人员阅读和参考。

船舶技术经济论证学科,是一门新兴的边缘学科,涉及到船舶工程技术,工程经济分析,预测和决策等理论。该学科近年来正在迅速发展,新内容很多,涉及面很广。作为教材,除介绍本学科的基本理论,实用论证方法和一些必要的知识外,编者努力引用国内外的最新科研成果。书后列出大量的有关参考文献,供读者进一步深入学习参阅。

在编写时,考虑到有关专业的本科生在学习专业基础课和专业课后能自学这门课程,故内容的介绍力求深入浅出,并有很多例题,帮助理解有关理论。

本书除绪论和附录外,共分 8 章。前 3 章讲述与船舶技术经济论证有关的基础知识,如货币的时间价值,经济衡准指标及一些经济和财务因素。第 4 章全面介绍论证的步骤和方法,特别是计算机辅助论证的流程图和有关数学模型都作了较详尽的阐述。第 5 章论述船队和运输系统的技术经济论证方法,并对船队调度进行了探讨。第 6 章介绍论证中经济参数的预测方法。第 7 章讨论船舶的经济寿命和更新分析。第 8 章用较多篇幅详细研讨了船舶技术经济论证中的不确定性和风险分析方法。

本书所用文字符号、术语与中华人民共和国交通部发布的《运输船舶技术经济论证名词术语标准》相统一。

本书编写过程中,曾得到船舶总公司船舶工程教材委员会及许多单位的专家大力支持和帮助。哈尔滨船舶工程学院、武汉水运学院、镇江船舶学院、华中理工大学、天津大学、武汉海军工程学院、华南工学院对书稿进行了初审。大连理工大学李树范副教授作了详细审阅,提出了十分宝贵的建议和意见。最后由上海交通大学陈雪深副教授进行复审。在此一并致谢。

由于编者水平和学识所限,错误之处在所难免,殷切期望使用本书的各院校师生和其他读者提出宝贵意见。

张 仁 颐

1989 年 4 月于上海交通大学

绪 论

船舶技术经济论证是对船舶及有关的技术政策、发展规划、运输工艺、投资等作出决策之前,根据已定的运输任务和使用条件,总结现有船舶的营运经验,吸取现代科学技术成就,进行综合分析和优化的研究过程。就其本身来讲,自成一个系统,它涉及的内容多,范围广,深度和要求也各不相同。图1表示船舶技术经济论证系统涉及的内容和它们之间的相互关系。

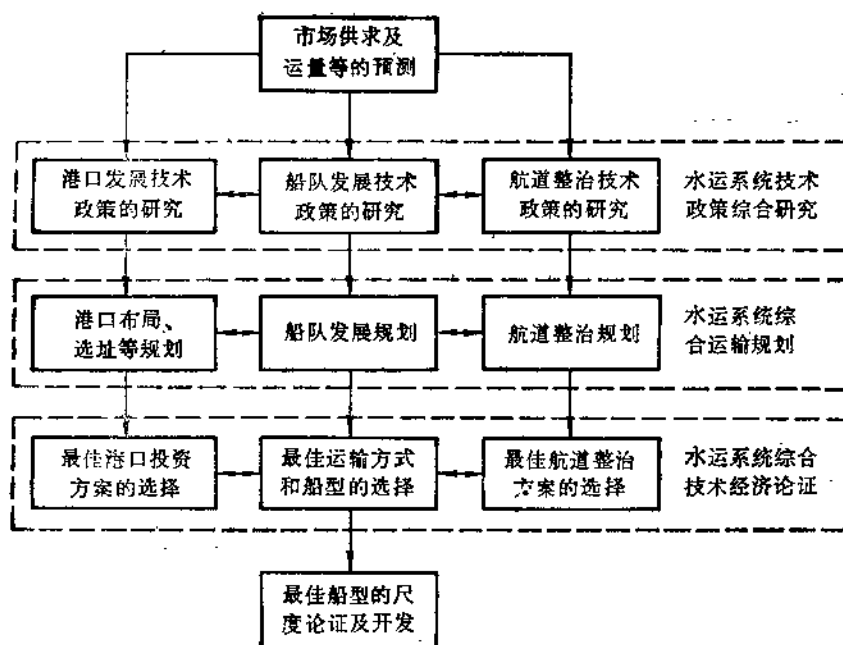


图1 船舶技术经济论证系统框图

从狭义的角度来讲,船舶技术经济论证主要是指图1中间一列涉及的内容,即市场供求、运量等预测,船队技术政策、发展规划,最佳运输方式和船型的选择,最佳船型的主尺度论证及开发。这些内容从纵的方向构成了船舶技术经济论证的不同层次。由于水运生产是船舶、港口和航道等有机组合的大系统,因此,船舶技术经济论证不可避免地要涉及到港口、航道等研究内容,也就是说,图1中所有的内容均应属于船舶技术经济论证的范畴。从横的方向来看,不同层次的横向内容的结合构成了不同层次广义的船舶论证(水运大系统)的研究内容,包括水运系统技术政策综合研究,水运系统综合运输规划,水运系统综合技术经济论证。

尽管船舶技术经济论证包含的内容很多,但其中最重要最基本的是在已定的运量、航线和港口码头的前提下,选择最佳运输方式和船型。因为船队发展技术政策及规划是较船型论证层次高的研究内容,属于宏观控制的范畴,它们的研究前提是国家政治、经济状况、市场供求状况、国内外船舶及水运发展动向等,而它们的研究结果对船型论证起着前提作用,具有指导和制约的意义。船型论证则是从相对微观的角度保证上层次宏观效益的具体实现,是上层次结果的深化和发展。所以,船型论证的研究结果,一方面不能违背上层次宏观效益的强制性要求;另一方面又对宏观效益起扩充、反馈和考证作用,而且,上层次宏观决策的许多定量分析也需要用到船型论证的分析计算模型。

最佳船型的尺度论证与开发是较船型论证层次低的研究内容。船型论证从相对宏观的角度,在给定的货运经济条件下,寻求的是运输能力与运输任务之间矛盾的最佳解决办法。因此,侧重于从运输工艺的角度来研究船舶的主要运输性能参数对船型论证的影响,所选择的船应该讲是一种仅具有某种运输能力特征的较抽象的船,而最佳船型尺度论证与开发,则是从相对微观的角度,在船型论证结果的基础上,寻求船舶本身,作为一个复杂的水上运输工程建筑物的一系列内部矛盾(即船舶的几何尺度、型线、总布置、稳性、快速性、耐波性和建造成本等之间的矛盾)的最优解决办法。因此,侧重于从工程技术的角度来研究船舶的一些关键性设计变量(如尺度比,船形系数等)对船舶技术经济性能的影响。所选择的船是反映船舶各种内部矛盾协调且具备各种主要技术性能参数和设备的较具体的船舶。所以说,船型论证从相对宏观的角度控制了尺度论证的研究结果,是尺度论证的前提条件,而尺度论证是船型论证的深化和具体实现,对船型论证的结果起支持保证和反馈校核作用。

从更广泛的意义上讲,应该把港口码头、航道、船舶作为一个综合的整体,通过它们之间的协调和平衡,求取港、航、船综合的最优结果,即水运系统综合技术经济论证。这时,关于港口航道的参数都作为可变化的独立决策变量。但是,在港口、航道、船舶三者中,运输方式和船型的选择是最复杂多变的,如果对它们的论证程序和方法搞清楚后,只要在此基础上作适当的扩展和引伸,问题是不难解决的。

基于上述原因,本教材着重介绍船舶技术经济论证中最主要、最基本的内容,围绕着这方面的内容,对论证的方法作详细的叙述,有时也涉及到港口和航道等问题。

运输船舶是一种建造复杂、投资较大、使用期长的水运工具。设计建造一艘新船或一个运输系统时,应根据已定的运输任务和使用条件,在总结现有同类型营运船舶或运输系统经验的基础上,建立不同的船舶或运输系统方案,再通过技术经济论证,选择技术上可能且先进,性能上安全并可靠,生产上合理且科学,营运上经济并合算的方案,以提高船舶或运输系统的经济效益,更好地为社会主义四化建设服务,这就是船舶技术经济论证的目的。

我国政府早在1979年就为做好基本建设的前期工作规定,在编制计划任务书(或设计任务书)之前必须进行可行性研究,对各种方案进行论证和综合平衡,否则上级单位不予批准,设计单位拒绝承担设计任务。

对于船舶技术经济论证这样重要的问题,在我国的船舶航运实践中,长期来受到专家们的关注。下面有代表性的学术论文和专著作简略介绍。

1954年,《中国造船》第19期上发表了“船舶的经济性能”。文中提出,为了分析某些技术参数,例如排水量和航速对经济性的影响,认为可首先确定一个母型设计,作为比较的基础,然后分别计算排水量、航速各自改变或同时改变时所形成的各种船型方案的经济性能,并进行比

较。

1955年,《中国造船》第24期上发表了“船舶性能及其经济价值”。文中以一艘航行于汉渝间的160英尺长、门字号双桨柴油机客货船为母型,分别变更船长、棱形系数、船宽、降低航速、选用不同的结构规范,从而对这一系列船型进行技术经济计算,最后逐一评价各参数的变化对经济价值的影响。

这些论文反映了我国建国初期探讨船舶技术经济论证方法的动向和水平,受到造船界的重视。一些专家都有书面意见参加讨论,并对论文给予了肯定的评价。

50年代中期,在大连、上海、武汉的海运、造船院校分别聘请了苏联专家来讲学,对于进一步开展这一领域的研究和人员培养起了积极的作用。例如,В.И.Сушацкий在大连海运学院的工作及其著作,系统地介绍了苏联的典型技术经济论证的方法。И.Виноградов在上海交通大学的讲学中着重介绍了“当量技术措施”,其中心思想是,对于能同等程度地提高运输能力的各项技术措施进行比较,从中选择最经济的技术措施。

60年代初期,为贯彻“调整、巩固、充实、提高”八字方针,掀起了讨论经济效益的高潮,相继发表了一系列研究文章,这些文章结合我国实际和实例,全面介绍了船型论证方法,反映了这一时期的动向和水平。

70年代以后,电子计算机在各学科领域得到逐步应用。在船舶技术经济论证领域里,应用系统论和电子计算机技术,结合数学中的运筹学、概率论、数理统计方法和最优化方法,使得论证工作由单船论证和手工运算向系统论证和计算机辅助论证的方向发展,相继出现了大系统论证方法,不确定性和风险分析方法,最优化论证方法等新的科学论证方法。探索和研究这些新的科学论证方法,对于研究船舶论证的客观规律,促进船舶技术经济论证学科的发展有着十分重要的意义。

长期来,我国生产建设的投资都采用国家拨款。80年代,我国造船投资开始采用银行贷款的方法,这样使资金的使用由静态变成动态,这将对船舶技术经济论证方法带来很大影响。我国造船界著名学者杨樵及时地发表了“关于船型经济论证的几个问题”一文,其要点是考虑了贷款利息后,计算时间对货币价值的影响,计及此种影响后将导出若干新的经济评价指标。同时,欧美造船界有关船舶技术经济论证的专著在我国船舶领域中得到了广泛的重视。如美国H. Benford的《船舶设计中的工程经济学》、《船舶设计经济学基础》;英国I. L. Buxton的《工程经济学与船舶设计》等,其中有的已被译成中文出版。这些书中提出的计算方法和指标体系,对于开展船舶技术经济论证和指导设计实践是有益的。

为了更有利地推动船舶技术经济论证工作的开展,使论证工作更加规范化,1985年交通部正式发布《运输船舶技术经济论证名词术语》部颁标准,并着手拟订《运输船舶技术经济论证名词术语计算机代码》标准。

船舶技术经济论证中将涉及到大量的技术、经济数据,但这些数据,尤其是经济数据受时间的影响,将随工资、材料、设备与燃料价格的升降和科学技术的进步而不断变化。因此,书中所用数据可能与当前实际数据有所不同。读者在阅读本书时,应着重注意论证的方法、思路 and 程序。当应用这些理论和方法时,应深入调查研究,采用自己在实践中收集的最新数据,从而使论证的结果可靠实用。

目 录

绪论	1
第 1 章 货币的时间价值	1
§ 1.1 货币的时间价值概念	1
§ 1.2 考虑时间价值的货币等值计算	4
第 2 章 船舶和船舶运输系统的经济指标	13
§ 2.1 我国采用的主要经济指标	13
§ 2.2 一些动态经济指标	21
§ 2.3 现金流量的计算方法	29
§ 2.4 船舶节能技术经济指标	34
§ 2.5 等价技术措施	36
第 3 章 论证中需考虑的经济和财务因素	40
§ 3.1 一些经济和财务因素	40
§ 3.2 所得税对方案论证的影响	49
第 4 章 船舶技术经济论证步骤和方法	53
§ 4.1 船舶方案的造价初步估算	56
§ 4.2 船舶方案的营运和经济计算	76
§ 4.3 船舶设计技术任务书中一些主要技术性能参数的技术经济论证方法	90
§ 4.4 船舶可行性研究中的技术经济论证方法	108
第 5 章 船队和运输系统的技术经济论证及船队调度的探讨	148
§ 5.1 船队分析	148
§ 5.2 船舶运输系统的技术经济论证方法	150
§ 5.3 运输系统中的船队调度初步分析	178
第 6 章 船舶技术经济论证中经济参数的预测	183
§ 6.1 经济参数预测的必要性和一般原则	183
§ 6.2 时间序列预测法	184
§ 6.3 因果关系分析法	192
§ 6.4 定性分析法	200
第 7 章 船舶的经济寿命和更新分析	202
§ 7.1 船舶的经济寿命	202
§ 7.2 船舶更新分析	210
第 8 章 船舶技术经济论证中的不确定性和风险分析	213
§ 8.1 不确定营运环境中的衡准指标和处理不确定性的方法	214
§ 8.2 敏感性分析	219
§ 8.3 简单概率分析	224

§ 8.4 解空间图法	233
§ 8.5 不确定型决策分析方法	241
§ 8.6 期望效用分析法	249
§ 8.7 泰勒级数法	252
§ 8.8 蒙特卡洛法	267
§ 8.9 不确定营运情况下船舶尺度的合理选择	271
§ 8.10 随机衡准指标下船型参数的正交设计法	277
附录 1(表 1~表 18)	287
附录 2	305
参考文献	306

第 1 章 货币的时间价值

§ 1.1 货币的时间价值概念

要研究船舶或运输系统的经济性，就要计算船舶或运输系统方案的经济效果。在任何经济活动中，总是用一定的投入取得一定的产出。在社会主义条件下，运输生产的目的是要更好地满足社会需要。因此，船舶或运输系统的产出是指满足社会需要的运输量或劳务；投入是指劳动和其他有用物品的消耗。经济性好，就是说经济活动产出的所得大于投入的所失。

为了能对经济效果进行定量的计算，要对不同质的产出和投入进行统一尺度的度量，要精密地做到这一点是很困难的。目前唯一付之实用的近似方法是用价格对产出的“得”和投入的“失”进行货币计量。在经济分析中，主要着眼于方案在整个寿命期内的货币收入和支出的情况，这种在同一利息周期中，由于货币的收入和支出所形成的净收入或净支出称为现金流量(Cash Flow)。能不能把方案寿命期内不同时期发生的现金流量加总(代数和)来代表方案的经济效果呢？先让我们看两个例子。

例 1.1 有两个投资方案 A、B，寿命都是 5 年，初始投资相同，均为 1000 万元，实现的总收益也相同，但每年数字不同，具体数据见表 1.1。如果其他条件都相同，应该选用哪个方案呢？从直觉和常识，我们会觉得方案 A 优于方案 B。

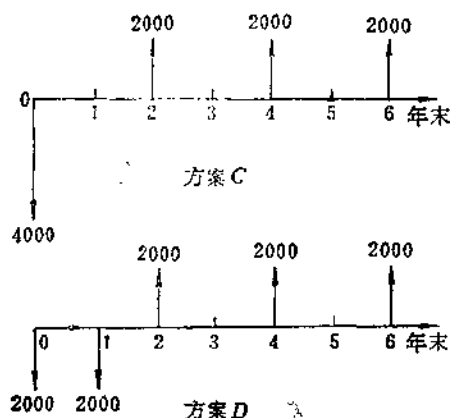


图 1.1 方案 C、D 的现金流量(单位：万元)

表 1.1 (单位：万元)

年 末	A	B
0	-1000	-1000
1	+500	+100
2	+400	+200
3	+300	+300
4	+200	+400
5	+100	+500

例 1.2 另有两个方案 C 和 D，其他条件都相同，仅现金流量不同，可用图形象地表示(见图 1.1)。方案 C 和 D 在现金流量上唯一的不同是在初始现金流出上。总投资 4000 万元在方案 C 上为第 1 年初一次支出，而方案 D 分第 1 年和第 2 年年初二次支出。依据日常积累的认识，我们会判断方案 D 比方案 C 好。

是什么样的认识使我们作出上述明确的判断呢？方案 A 的得益比方案 B 早；方案 D 比

方案C晚一年支出2000万元。这就是说,货币的支出和收入的经济效果不仅与货币量的大小有关,而且与发生的时间有关。同样一元钱今年到手与明年到手的“价值”是不同的。先到手的货币可以用来投资而产生新的价值。因此,今年的一元要比明年的一元更值钱。这种货币的时间价值在银行的利息中可以体现出来。如果年利率7.2%,那么今年到手的一元存入银行,一年后就可得到1.072元,即今年的一元等值于明年的1.072元。换一种说法,明年的一元相当于今年的 $1/1.072=0.933$ 元。由此可见货币时间价值的存在。因此,在进行船舶技术经济论证时,应该考虑货币的时间价值。明确地说,货币的时间价值(Time Value of Money)就是货币放弃现在使用的机会,换取一定的报酬。如一定金额的货币存入银行,经过一定时间,获得新增的一定量的货币,这种货币差额反映了在不同时间内货币的时间价值是不一样的。

承认货币的时间价值并不是否定劳动创造价值的原理。虽然从形式上看货币会产生新的价值,但这种计算只是承认这样一种事实:劳动只有与生产资料相结合才能创造新的价值。讲货币的时间价值就是承认生产资料的重要性,这并不意味着否定劳动创造价值的学说。

由于货币的时间价值的存在,使不同时间上发生的现金流量无法直接加以比较,这就使方案的经济评价变得复杂了。但正是这种考虑了货币时间价值的经济分析方法,使方案的评价和选择变得更现实和可靠。

货币的时间价值的指标是利息(Interest),也就是为了偿付货币的时间价值,对使用货币需要支付的代价。根据利息的计算方法不同,可分为单利和复利,按照利息的概念,又可分为合同利息和收益利息。

1 单利(Simple Interest)

单利是为了偿付货币的时间价值,仅对本金计算的利息。该计息体系不考虑先前的利息在货币运转周期中累积增加的利息。

单利的利息 I 由下式计算:

$$I = P \cdot i \cdot N \quad (1.1)$$

式中: P 为本金金额(元); i 为每期的利率(Interest Rate),此处利率指在单位时间里使用单位货币所支付的代价; N 为计算利息的期数(以月、季或年计)。

借贷期满后的本息总额 F ,即本金的未来值,可用下式计算:

$$F = P(1 + i \cdot N) \quad (1.2)$$

单利计算简易,为我国银行存款计息所采用。

2 复利(Compound Interest)

复利是充分计及货币的时间价值,对本金加上先前周期中累积利息总额之和计算而得的利息。该计息体系中,每期利息对以后各期均可产生利息。由于资金的投入和支付方式不同,可分为一次整付、等额支付、等差支付及等比支付等多种方式,以一次整付为基本方式。在船舶技术经济论证中,多用复利计算。

对于一次整付的情况,本金 P 存入银行,年利率 i ,定期 N 年,每年计息一次。根据复利计算“利上加利”的规定,第1年年末的本息总额作为第2年年初的本金,计算利息,第2年年末所得到的本息为第3年年初的本金,计算利息,……,直到 N 年末为止,计算情况如表1.2所

示。

表 1.2

期 数	期 初 本 金	该 期 所 得 利 息	期 末 本 息 总 额
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	$P(1+i)^2$	$P(1+i)^2i$	$P(1+i)^2 + P(1+i)^2i = P(1+i)^3$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
N	$P(1+i)^{N-1}$	$P(1+i)^{N-1} \cdot i$	$P(1+i)^{N-1} + P(1+i)^{N-1}i = P(1+i)^N$

因此,复利的本息总额计算式是

$$F = P(1+i)^N \quad (1.3)$$

3 合同利息 (Contracted Interest)

合同利息是以存款人与银行,或借款人与贷款人(通常为银行)为甲乙双方,按照双方商定的或由银行公布的活期、定期的存款利率,或短期、长期的贷款利率计算利息。

4 收益利息 (Returned Interest)

收益利息是指企业投资进行生产,在一定时期所得的盈利。通常用它与银行利息比较,以衡量投资的盈利性。

在船舶经济分析中,为了清楚而直观地表示不同时间资金收入和支出的流动情况,通常用现金流量图 (Cash Flow Diagram) 表示。现金流量是指在同一利息周期中由于收入 (现金流入) 与支付 (现金流出) 所形成的净收入或净支出。将各个周期的现金流量绘入一个时间坐标图中,即为现金流量图 (见图 1.2)。图中横坐标代表时间,时间 0 代表现在或规定的基准年,时间 1 代表第一个时间周期末,依次类推。各点上纵向值是该利息周期内 (通常是期末) 的现金流量,垂直向上的箭头表示正现金流量 (收入),向下的箭头为负现金流量 (支出)。箭头的长短与收入或支出的大小成比例。

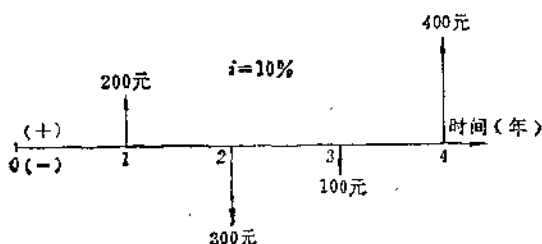


图 1.2 现金流量图

§ 1.2 考虑时间价值的货币等值计算

在船舶经济分析论证中所遇到的财务处理情况是多种多样的,例如在付款还款时有一次付清和分期付款。西欧经济合作与发展组织 (Organization for Economic Cooperation and Development, 记作 OECD), 对造船的信贷规定, 年利率 8%, 在 8 年内分 17 期均匀偿还。为了在论证中适应现金的不同支付和偿还情况, 推导出一系列利息计算式, 现分别叙述如下。

1 终值因数和现值因数

终值因数 (Compound Amount Factor with Single Payment) 是把现在发生的金额 (现值) 按复利关系换算成将来某时刻一次发生的未来值金额所用的乘数。

终值因数用符号 $(F/P, i, N)$ 表示。由式 (1.3) 即可得

$$(F/P, i, N) = F/P \quad (1.4)$$

$$(F/P, i, N) = (1+i)^N \quad (1.5)$$

式中: F 为复利周期第 N 期末的金额 (未来值); P 为现在发生的金额或规定的基准年发生的金额 (现值); N 为在船舶或设备使用期中复利周期数, 以投资偿还期或船舶设备的使用期计; 符号中 F/P 表示由 P 求 F 。

现值因数 (Present Worth Factor) 是把未来某时刻一次发生的金额按复利关系换算成现值所用的乘数。现值因数用符号 $(P/F, i, N)$ 表示。

$$(P/F, i, N) = P/F \quad (1.6)$$

$$(P/F, i, N) = (1+i)^{-N} \quad (1.7)$$

符号中 P/F 表示由 F 求 P 。

比较式 (1.5) 和式 (1.7) 可知:

$$(P/F, i, N) = \frac{1}{(F/P, i, N)}$$

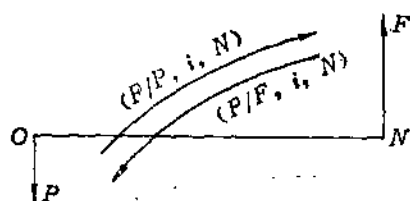


图 1.3 一次支付的现金流量

图 1.3 表示终值因数和现值因数的现金流量图。不同期数 N 和不同利率 i 的终值因数和现值因数可从附录 1 中查到。

2 等额现值因数和资金回收因数

等额现值因数 (Uniform Series Present Worth Factor) 是把分期等额发生的金额按复利关系换算成现值总额所用的乘数。如向银行一次贷款 P 元, 以后在一定的时间间隔 (如一年一次或半年一次) 等额分期偿还, 每期还本息 A 元, 求 A 与 P 之间的关系。

设贷款在今后 N 年内分期偿还, 每年等额还息一次, 年利率 i , 则

1 年后还款 A 的现值为 $A(1+i)^{-1}$

2 年后还款 A 的现值为 $A(1+i)^{-2}$

.....

$N-1$ 年后还款 A 的现值为 $A(1+i)^{-(N-1)}$

N 年后还款 A 的现值为 $A(1+i)^{-N}$

现值总额

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

等额现值因数用 $(P/A, i, N)$ 表示。

$$(P/A, i, N) = P/A \quad (1.8)$$

$$(P/A, i, N) = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \quad (1.9)$$

式中： A 为分期等额发生的每年(期)金额，在船舶经济论证中通常表示年收益；符号中 P/A 表示由 A 求 P 。

资金回收因数 (Capital Recovery Factor) 是把资金的现值总数按复利关系，换算成分期等额的还款金额所用的乘数。资金回收因数用 $(A/P, i, N)$ 表示。

$$(A/P, i, N) = A/P \quad (1.10)$$

$$(A/P, i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (1.11)$$

符号中 A/P 表示已知 P 求 A 。

由式 (1.9) 和式 (1.11) 可知

$$(A/P, i, N) = \frac{1}{(P/A, i, N)} \quad (1.12)$$

图 1.4 表示等额现值因数和资金回收因数的现金流量。不同期数 N 和不同利率 i 的等额现值因数和资金回收因数可以从附录 1 查到。

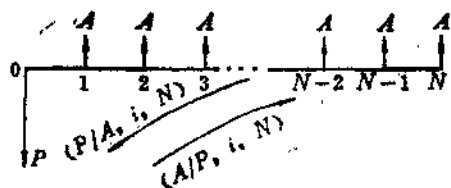


图 1.4 一次支付等额分期偿还的现金流量

应该指出，等额分期支付，虽然每期的付款额都是 A ，但前期所付的款项中利息所占的比例较大，随着本金的逐期(年)偿还，每年应付的利息逐期(年)减少。

3 等额终值因数和等额预付因数

等额终值因数 (Uniform Series Compound Amount Factor) 是把分期等额发生的金额按复利关系换算成将来某一时刻一次发生的未来值金额所用的乘数。

设每年存入银行款额 A ，年利率 i ， N 年后可得本息总额 F ，求 A 与 F 之间的关系式。

从式 (1.4) 和式 (1.5) 可知

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

从式 (1.8) 和式 (1.9) 可知

$$P = A(P/A, i, N) = A \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}$$

于是可得

$$F = A \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \cdot (1+i)^N = A \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i}$$

等额终值因数用 $(F/A, i, N)$ 表示

$$(F/A, i, N) = F/A \quad (1.13)$$

$$(F/A, i, N) = \frac{(1+i)^N - 1}{i} \quad (1.14)$$

符号中 F/A 表示已知每年等额支付额 A 求未来值 F 。

等额预付因数 (Sinking Fund Factor) 是把将来某时刻一次发生的未来值金额按复关系换算成分期等额发生的金额所用的乘数。

由式 (1.14) 可知, F 和 A 的关系也可用下式表示:

$$A = F \cdot \frac{i}{(1+i)^N - 1}$$

等额预付因数用 $(A/F, i, N)$ 表示

$$(A/F, i, N) = A/F \quad (1.15)$$

$$(A/F, i, N) = \frac{i}{(1+i)^N - 1} \quad (1.16)$$

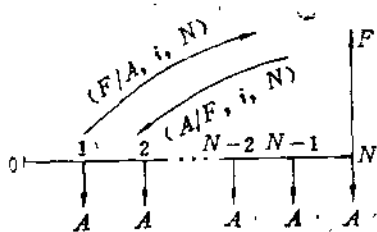


图 1.5 等额分期支付一次偿还的现金流量

符号中 A/F 表示已知未来值 F 求每年等额支付 A 。

图 1.5 表示了等额终值因数和等额预付因数的现金流量。不同期数 N 和不同利率 i 的等额终值因数和等额预付因数可从附录 1 查到。

用等额终值因数 $(F/A, i, N)$ 可把一系列的等额支付转换为最后一次支付期时的未来值总额; 用等额预付因数 $(A/F, i, N)$ 可把未来的金额分摊到前面的各个年度。

4 等差现值因数和等比现值因数

在有些船舶论证分析中, 每年的支付不是等额的, 而是逐年增加或减少的, 例如船的维修费将随营运年数的增加而增大。规律性的增减一般有两种类型, 一是按等差数列, 另一是按等比数列, 现分别叙述如下。

等差数列分期支付是逐年增加或减少一定的数额。图 1.6 表示这样一个等差数列支付的现金流量图。

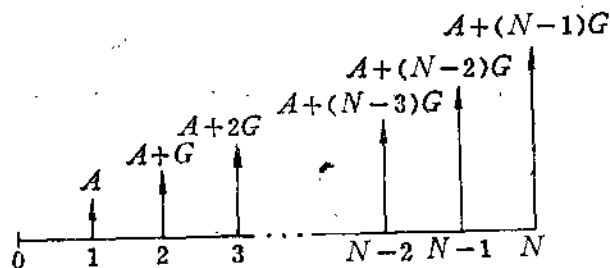


图 1.6 等差级数支付现金流量

第 1 年的支付额 A 为基础金额, 每年度的支付额都可认为是基础金额加上一个从零开始, 差额为 G 的等差数列金额。每年支付的基础金额 A 形成的现金流量可用前面介绍的等额分期支付的各计算因数进行经济计算。差额为 G 的等差支付现金流量见表 1.3。

表 1.3

年 度	1	2	3	...	$N-1$	N
支 付 额	0	G	$2G$	...	$(N-2)G$	$(N-1)G$

现求这个系列支付的现值总额 P

$$P = G(1+i)^{-1} + 2G(1+i)^{-2} + \dots + (N-2)G(1+i)^{-(N-1)} + (N-1)G(1+i)^{-N}$$

$$= G \cdot \frac{1}{i} \left[\frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N} - \frac{N}{(1+i)^N} \right]$$

等差现值因数 (Uniform Gradient Present Worth Factor) 用 $(P/G, i, N)$ 表示

$$(P/G, i, N) = P/G \quad (1.17)$$

$$(P/G, i, N) = \frac{1}{i} \left[\frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N} - \frac{N}{(1+i)^N} \right] \quad (1.18)$$

符号中 P/G 表示已知等差额 G 求现值 P 。

据式 (1.10) 可得

$$A = P(A/P, i, N) = G(P/G, i, N)(A/P, i, N)$$

$$= \frac{G}{i} \left[\frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N} - \frac{N}{(1+i)^N} \right] \left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

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

$$\frac{A}{G} = (A/G, i, N) = \frac{1}{i} - \frac{N}{(1+i)^N - 1} \quad (1.19)$$

$(A/G, i, N)$ 称为等差因数 (Arithmetic-Gradient Conversion Factor), 它是把等差支付转化为等额分期系列支付的一个乘数。不同期数 N 和不同利率 i 的等差因数可从附录1中查到。

在船舶的经济论证中, 有些经济要素, 例如船员工资、物价按一定的比率逐年增长, 即每年度的支付额为前一年度的支付额乘上一个固定的数值。

图 1.7 就表示这种支付情况的现金流量。

每年度的支付为 $E(1+d)^t, t=1, 2, \dots, N$ (年), 其中 d 为现金流量的年增长率, t 为年度, N 为总的寿命期。若投资收益利率为 i , 则与此现金流量等价的现值 P 为

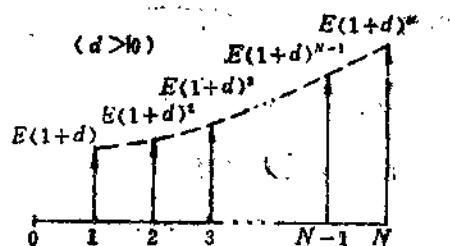


图 1.7 等比数列分期支付的现金流量

$$P = \frac{E(1+d)}{(1+i)} + \frac{E(1+d)^2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E(1+d)^{N-1}}{(1+i)^{N-1}} + \frac{E(1+d)^N}{(1+i)^N}$$

令 $R = \frac{1+i}{1+d}$, 则

$$P = E(R^{-1} + R^{-2} + \dots + R^{-(N-1)} + R^{-N}) = E \cdot \frac{R^N - 1}{R^N(R-1)}$$

等比现值因数 (Geometric Series Present Worth Factor) 用 $(P/E, R, N)$ 表示, 它是把分期按等比级数型发生的支付金额以复利关系换算成现值总额所用的乘数。

$$(P/E, R, N) = P/E \quad (1.20)$$

$$(P/E, R, N) = \frac{R^N - 1}{R^N(R-1)} \quad (1.21)$$

符号中 P/E 表示已知等比数列支付的基数 E , 求现值 P 。

5 有残值情况下的资金回收

式 (1.10) 和式 (1.11) 适用于当初投资 P 在 N 年内等额偿还的计算, 其条件是在 N 年末没有残值。所谓残值是指船舶、设备或运输系统使用一定时期后余下的价值, 用符号 L 表示。若在论证中考虑残值, 则计算资金回收的公式也要作相应改变。

有残值时的现金流量如图 1.8 所示。显然, 这里需要每年等额回收的并非全部投资 P , 因为其中有一部分 L 将在 N 年末回收。由于残值是在 N 年末收回, 根据利率 i 可将它折算成 N 年内每年的等额预付。于是有下列关系式:

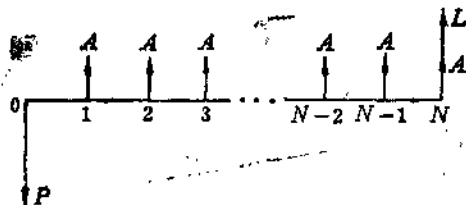


图 1.8 有残值时的等额支付系列

$$P = (P/A, i, N)[A + L(A/F, i, N)]$$

$$A = P(A/P, i, N) - L(A/F, i, N) = P \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} - L \frac{i}{(1+i)^N - 1}$$

$$= P \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} - L \left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} - i \right] = (P - L) \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} + Li$$

因此

$$A = (P - L)(A/P, i, N) + Li \quad (1.22)$$

这就是有残值情况下的资金回收计算公式。

6 连续复利计算

1) 名义利率和实际利率

名义利率 (Nominal Interest Rate) 就是当计息周期小于一年, 用周期利率乘以年内计息周期数得到的年利率。即按单利计算的年利率, 用 i_N 表示。

$$i_N = i_M \cdot M \quad (1.23)$$

式中: i_M 为小于一年为期的每期利率, M 为一年内计算利息的周期数。

在船舶的技术经济论证中, 计算复利的周期有小于一年的, 例如半年、一个月等。但习惯上都用年利率。一般说, 年利率为百分之几, 每半年 (或每月) 计息一次, 例如, 年利率 6%, 每月计息一次, 就是每月按 $6\%/12 = 0.5\%$ 的利率复利计息。这个年利率 6%, 即为名义利率。

实际利率 (Effective Interest Rate) 就是当计息周期小于一年, 用周期利率为基础进行复利计算得到的年利率, 用 i_e 表示。

例如存入银行 100 元, 名义利率 6%, 每月复利一次, 一年后得本息和为

$$F = 100 \left(1 + \frac{6\%}{12} \right)^{12} = 106.2 \text{ 元}$$