

计划评审法与关键路线法

〔日〕 関根智明 著

国外现代管理初级读物

GUO

WAI

XIAN

DAI

GUAN

LI

CHU

JI

DU

WU

机械工业出版社

国外现代管理初级读物

计划评审法与关键路线法

〔日〕 関根智明 著

李 静 译

袁子仁 马吉图 校



机械工业出版社

计划评审法与关键路线法是制定和管理大规模计划的网络方法。我国从1965年开始，先后在工交和建筑部门推广过这一方法，并取得显著成效。近年来国外网络计划方法已有很大发展。

本书是由日本科学技术联盟主办的讲习会的教材改写的简略版本。本书的前面部分详细地介绍了计划评审法与关键路线法的基本原理和方法，后面部分阐述了电子计算机编排程序的方法。内容通俗易懂，比较精炼。对于不太复杂的工程，可以不用计算机编制网络，具有一定的实用性。

本书可供广大管理人员、技术人员和高等院校管理工程专业的师生参考。

PERT · CPM

関根智明 著

日科技連出版社

1977年7月21日改订第4刷発行

* * *

计划评审法与关键路线法

〔日〕関根智明著

李 静 译

袁子仁 马吉图 校

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 8 · 字数 173 千字

1983年5月北京第一版·1983年5月北京第一次印刷

印数 00,001—11,500 · 定价 0.85 元

*

统一书号：15033·5516

《国外现代管理初级读物》

出版说明

为了普及现代管理知识，我们选择了一批国外企业管理科学的入门书籍和基础读物，编成《国外现代管理初级读物》供读者选用。

这批书力求反映国外企业经营管理科学的某些最新成果，内容也较为通俗易懂，可供管理专业师生、各级管理人员以及广大爱好企业经营管理科学的读者学习参考。

译 序

网络计划方法(即统筹方法),是本世纪五十年代末期发展起来的一种计划管理的有效工具,可以说是计划管理方法的一次变革。

传统的计划管理方法是条形图(即甘特图)。这种条形图只能描述某一生产系统所包括的活动(即作业或工序)所用资源和时间的日程安排,并没有反映出系统中各个活动相互联系及调整等有关问题。随着生产规模的扩大,系统中的活动数量非常庞大,条形图很难描述这种复杂关系,网络计划方法也就是适应这种情况而发展起来的。

网络计划方法最早是由美国两个不同的单位研究出来的。一个是杜邦化学公司在维修化工设备时提出所谓关键路线法(CPM);另一个是美国海军在发展北极星导弹时提出所谓计划评审法(PERT)。两个方法所使用的概念和工具基本相同,差别只是时间估计方法不同。两个方法都用箭头表示活动,因此有时称为箭头式活动网络方法。大约在同一时期,法国出现所谓结点式活动网络方法(即本书提到的流程图),其特点是用结点来表示活动。

在美国,网络计划方法的广泛应用已收到很大的效果,而且迅速地在全世界得到推广。我国从1965年起,先后在工交和建筑部门等推广这一方法,也取得了显著的成效。

过去二十年内,网络计划方法无论在数学模型和计算机模拟以及具体应用方面都有了很大的发展。六十年代末期,

出现了图形评审法 (GERT)。图形评审法最早是由美国蓝德公司在为阿波罗计划研制自动检测仪表时提出的, 目前, 发展成排队图形评审法 (Q-GERT) 和排队图形评审分析程序。

随着网络计划方法的应用, 必然导致管理体制的改组, 主要反映在管理集中化和专业化水平的提高, 以及按系统标志建立中心管理机构和组织专业服务机构, 同时还必然导致各种人员职责的详细分工, 从而减少管理费用和信息流。

目前, 我国经济管理体制和管理方法正经历着深刻的变化, 因此, 本书的翻译出版, 对提高我国科学管理水平是有一定参考价值的。

本书译自日本运筹学丛书中间根智明著的《计划评审法与关键路线法》1977 年的第四版。

限于水平, 译文难免有缺点和错误, 如蒙读者批评和指正, 我们将深表谢意。

前 言

1958年到1959年出现的计划评审法与关键路线法^①，是在科学管理之父泰勒（F.W.Taylor）及因发明工序管理主要程序的甘特图而闻名的甘特（H.L.Gantt）之后所发生的革命。现在，这一方法的价值已得到了公认。第二次世界大战以后，盛行起来的运筹学和计算机也是这一方法不可缺少的因素。

计划评审法/成本（PERT/COST）在美国取得了成功，影响到加拿大、欧洲及社会主义各国。例如，在1962年7月召开的美国管理协会（AMA）计划评审法/成本讨论会上，苏联学会会员哥拉斯基博士指出：计划评审法将在1963年度的经济计划中发挥重要的作用。英国应用计划评审法比美国约晚两年，加拿大政府正在要求在官方机构签订的合同中实施计划评审法。

随着大规模生产活动的发展和发展速度的加快，甘特图也必须使用计算机，同时，必然产生其构思方法的根本改变。

由于日程计划的大规模化及其作业数量的庞大，从而形成了如何在日程计划内进行相互调整的问题。例如，在一般生产活动中都包括研究、开发、设计、准备、推销、制造和使用等多种活动，无论是哪一种活动，其内容都很复杂。因此，对于这种相互间有着复杂关系的日程计划的管理，甘特图是无能为力的。这就是计划评审法与关键路线法产生的出发

① 以这种方法（计划评审法与关键路线法，PERT·CPM）代表PERT、CPM、RAMPS、Manscheduling……等相互关连的各种方法和系统。

点和原因。

日本科学技术联盟模拟与博弈(Simulation and Gaming, SG)分会从1961年开始进行计划评审法、关键路线法和其它方法的研究,并从基础理论到应用进行了各种研究,于是在1962年9月召开了第一次讲习会。这种方法当时主要用在建筑部门,后来在其它部门也得到了广泛的应用。

日本科学技术联盟讲习会已开办到第4次(1964年8~9月),讲习会教材的理论和实际也越发充实。同时大家纷纷希望将教材印刷成册,出版发行。但是,从理论到实际综合编写的教材分量过大,因此,先确定出版这本简略的版本。由于考虑到不久还要出版大部头的书籍,因此,这本书的主要特点是:

1. 过份详细的问题不予以讨论,但尽量不漏掉必要的内容。
2. 有关基本内容的理论阐述尽量浅显易懂,而且要有条理。

本书虽说是简略版本,但发行量很大。如能达到上述目的,著者就感到非常满意了。

最后,本书能够编写出来,完全是模拟与博弈分会的成果。除模拟与博弈分会成员外,本书还曾得到伊里正夫、仓田令二郎、庄子干雄、中川友康、谷口和雄诸位先生的指教。为此,再次向模拟与博弈分会的各位会员及上述各位先生表示感谢。并向与本书出版有直接关系的山本正明、真锅龙太郎二位先生及日本科学技术联盟出版社的新井胜治先生致以谢意。

関根智明

1965年8月

再 版 前 言

在运筹学(OR)丛书创刊时,日本科技连出版社曾就本书的修订进行过讨论。本书于1965年第一次出版,经过十年左右的时间,《计划评审法与关键路线法入门》一书得到广大读者的好评,值得欣慰的是本书获得了多次出版的机会。借此修订之际,对其内容又作了研究,没有发现应予修改的地方,仅在附录中增加了“简化的负荷平衡算法”一节。

関根智明

1973年9月10日

目 录

《国外现代管理初级读物》出版说明

译序

前言

再版前言

第一章 计划评审法、关键路线法及其目的..... 1

1.1 计划评审法、关键路线法的发展过程..... 1

1.2 计划评审法、关键路线法的目的..... 7

1.3 今后的发展..... 9

第二章 作业与网络..... 13

2.1 作业顺序..... 13

2.2 作业顺序的图示法..... 15

2.3 从流程图到箭头图..... 24

2.4 调整结点序号..... 27

第三章 计划评审法..... 36

3.1 结点日程..... 36

3.2 关键路线..... 42

3.3 作业日程计划..... 43

3.4 所需时间的偏差估计..... 47

第四章 人员、物资分配日程计划..... 60

4.1 根据网络编制人员负荷累积表..... 60

4.2 在人员数量限制条件下的负荷平衡法..... 62

4.3 按负荷平衡法制定日程计划..... 64

第五章 关键路线法..... 79

5.1 关键路线法的目的..... 79

5.2 所需时间与费用..... 81

X

5.3	计划完成时间的缩短	83
5.4	有反向作业的割线	90
5.5	关键路线公式化	93
5.6	找最小割线的方法——标记法	94
5.7	关键路线法的算法	104
第六章 管理工具——计划评审法与关键路线法		116
6.1	计划评审法使用的统计量	116
6.2	关键路线法的长度	118
6.3	作业的分解	136
6.4	决策框法(研究开发用的计划评审法)	138
6.5	预测需用人员的一种方法	141
6.6	一般关键路线法	143
6.7	关键路线法与实行可能度	146
6.8	关键路线法的模拟模型	150
6.9	其它	154
6.10	计划与日程计划	154
6.11	计划评审法与关键路线法的日程管理系统	156
6.12	实施注意事项	158
第七章 计划评审法、关键路线法与电子计算机		160
7.1	计划评审法与关键路线法的程序	160
7.2	计划评审法/成本(PERT/COST)	165
7.3	关键路线法与计划监控法(PROMOCOM)	184
7.4	资源分配和多个日程计划(RAMPS)	193
附录		205
〔附录1〕 正态分布表		205
〔附录2〕 应用初始对偶法求解关键路线的方法		208
〔附录3〕 简化的负荷平衡算法		229
〔附录4〕 PERT与CPM的计算机程序一览表		236

第一章 计划评审法、关键 路线法及其目的

计划评审法 (PERT) 和关键路线法 (CPM) 都是制订和管理大规模计划的方法。这些方法是由美国创造的, 但目前却广泛应用于全世界的军事、政府和民间各个方面的所有领域。例如, 在美国, 凡从事有关军事工作的工商业者, 必须提出以计划评审法为基础的估算、投标、施工计划, 才能得到承认。因此, 还制订了美国军用标准。最近, 日本对这些方法也引起了极大的兴趣, 并正在实际应用于各个方面。另一方面, 还正在制订 JIS[⊖] 标准。

这些方法的进一步发展, 现在已广泛地将网络计划扩大到各个方面。例如, 在各种资源限制条件下, 制订可行进度计划的资源分配和多个日程计划 (RAMPS) 就是其中的一例。而且计划和管理业务机械化的各种系统, 也正在研究和应用。

本章将介绍计划评审法 (不以最优化为直接目的的方法)、关键路线法 (以最优化为直接目的的方法) 及其它各种方法的创造动机和经过。

1.1 计划评审法、关键路线法的发展过程

过去, 工程管理的主要方法是广泛应用以甘特图 (条形图) 为中心的管理方法, 这是日程计划不可缺少的方法。

但是, 随着生产活动的大规模化及其速度的加快, 包括

⊖ JIS为日本工业标准。——译注

电子计算机应用在内的新技术，必须对过去的工程管理方法作根本性的改革。

1957年，杜邦公司综合技术管理小组鉴于以前的技术方法因严重地趋向于过分详细而又各自独立，从而引起的不能充分地调整整体以及效率低等问题，而力求找出一种有效的管理方法。所以，研究出了制定整个计划的总进度计划[⊙]和能进行“例外管理”的方法。此外，为了有效地应用这些方法，还研究了应用电子计算机的可能性。

其中最引人关心的问题有以下三点：

- 1) 能否作出总计划？
- 2) 能否根据条件变化，采用最经济的方法修改进度计划？
- 3) 能否向管理部门和现场报告计划的进展和变化状况？

为了解决这些问题，在以蓝德公司的克里（Kelley，现在麻西里联合公司工作）和杜邦公司的瓦尔克（Walker）为主的一些人的互相协作下，进行了工作实践，他们的目标是：

- 1) 给出预测和计划的基础；
- 2) 评价达到目的的各种计划；
- 3) 对现状和计划进行核对；
- 4) 为了能够正确判断和处理，要以事实为依据，等等。

这样，到1957年3月完成了基础研究和相应的 UNIV-AC-I 程序，并开始应用于工厂实际问题的试验。最初的实际试验，用于投资为1000万美元的化工成套设备的设备安

⊙ 进度计划、日程计划和作业计划的含义相同，译文中有时采用进度计划，有时采用日程计划。——译注

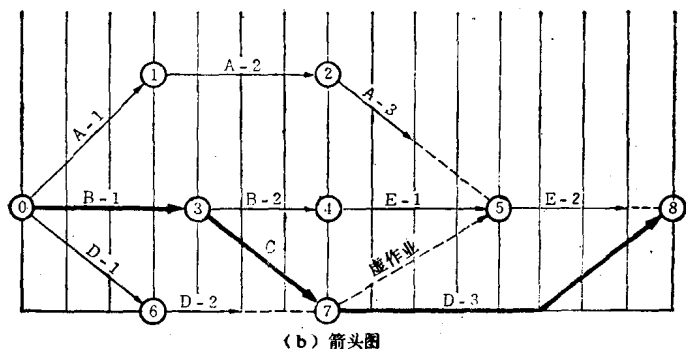
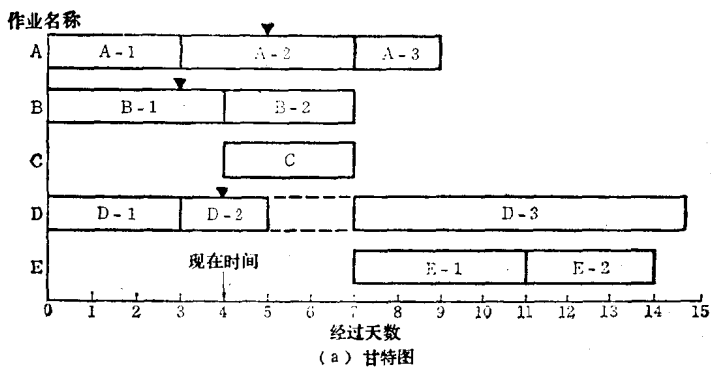


图1.1 甘特图与箭头图

装计划。试验是在建设计划开始时，以进度计划为对象进行的，并收集了以下数据(资料)：

- (1) 建设费用的估计；
- (2) 文件的打印格式；
- (3) 作业范围及其相互关系；
- (4) 买价（或卖价）与市价；
- (5) 物资、材料与设备的清单、预计交货期；

- (6) 设计进度计划;
- (7) 有关供应与单价的数据;
- (8) 尚未决定的合同内容;
- (9) 根据费用和时间的估计, 对预计的设计进行修改。

根据这些数据, 将各个工作分解和综合成合适的作业单元, 绘制出整个计划的箭头图 (如图 1.1 b)。调查因突击作业而缩短工期和费用的曲线的关系, 等等。计算机还编制了大型 1103 A 程序。

将这种试验结果与以前的方法进行比较, 确认这种方法是非常有效的。在 156 个项目中, 虽然也出现了极限交工期限的项目, 但用这种新方法的只有 7 项 (其中有一项用箭头图)。而且, 整个计划的直接费用只需要增加 1%, 就可以比以前的方法缩短两个月的工期。此外, 只要掌握了主要的情况, 就可以根据 30% 的设计资料预测出总劳动量曲线。

这个方法被命名为“关键路线法”。通过反复试验, 到 1959 年已能管理包含有 2000~3000 个作业的进度计划。根据上述经验, 还对小规模化工成套设备的维修作业试用了这种计划管理方法, 以检验关键路线法的作用。实践证明, 用这种肯定型模型反复制定的作业进度计划完全能发挥关键路线法的优越性。调查的结果是, 对上述维修作业选择了 12 种模型, 其中有些模型所需时间由 125 小时缩短为 78 小时。

另一方面, 美国陆军对以地面弹道导弹阿特拉斯 (宇宙神) 为中心的武器系统, 即对雷达、发射装置、导弹体等综合性系统的研制进度计划管理, 深感以前的方法已无法适应。同时, 美国海军在研制北极星导弹时, 也发生了同样的问题。

当时，在导弹的研究、试制、试验和生产的同时，还要建造载运导弹的潜水艇，包括有关码头、港湾设备等庞大的设施，很多合同公司也与该系统有关。

1958年初，为了解决这个问题，海军部武器局(Bureau of Ordnance)的特别计划室(Special Project Office)开始研究新的管理方式。由于北极星导弹计划非常紧急，所以管理方式要在极短时间内决定。当时采用了简明接近法。其方式也就是本书介绍的计划评审法。计划评审法的研究制订计划过程有下述三个阶段：

第一阶段 研究有关管理系统的设计及其实施的可能性；

第二阶段 准备性试验；

第三阶段 全面使用。

第一阶段的作业过程如下：

1) 首先是进度计划的表述方法或变量的选择问题。决定采用与关键路线法相同的箭头图。变量只着眼于作业时间的控制。因为系统庞大，所以不便于考虑其它变量。

2) 然后，在求得各个作业时间估计值时，听取担任各个作业的技术人员对时间估计的看法。估计看法中有乐观的、悲观的、或正常的三种，可以据此确定大致所需的时间。

3) 在求得计划的估计所需时间时，为了简便起见，采用各个作业的平均时间及其方差之和。

4) 机械地计算各作业预期最早时间和最迟时间，确定关键作业路线，求出进度计划的实现可能度。

第一阶段的研究表明，上述方法非常简便，并且对于准确掌握进度计划极为有效。依照这种方法：

(1) 根据原来所用的报表, 能更准确地表示进度计划的内容和现状;

(2) 与各合同公司的协商可以简化;

(3) 明确管理重点, 可以应用例外管理的原则;

(4) 可以建立有效利用计算机的系统。

第二阶段在前述方法基础上, 设计具体应用计划评审法的管理系统, 进行计算机(使用NORC)的编制程序工作, 并以程序方框图为基础, 制订包括所有作业的进度计划总文件。各合同商要报告每两周内各个作业的进展状态和下周内的预计, 以及将来的重大变化。月度报告只对关键路线和准关键路线进行重新估计, 根据定期报告全面修订进度计划。并根据这些资料, 重新进行计划评审法的计算。各项结果由各级管理人员报告, 并对事态的变化采取适当措施。图 1.2 所示为计划评审法的工作系统。

第三阶段开始全面采用。

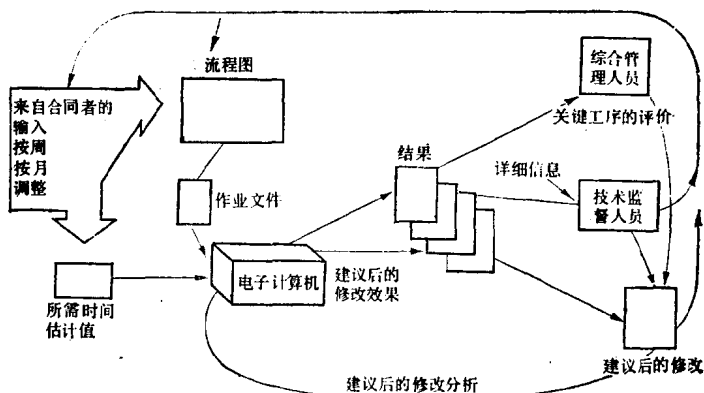


图1.2 计划评审法的工作系统