

网络法基本原理及其应用

浦再明 编著

金盾出版社

网络法基本原理及其应用

浦再明 编著

李庆华 审校
刘天禄

金盾出版社出版

(北京翠微路22号)

新华书店北京发行所发行 3209工厂印刷

开本787×1092 1/32 9.25印张 210千字

1985年1月第1版 1985年1月第1次印刷

印数 1—30,000

书号: 17308·9002 定价: 1.40元

目 录

符号表

第一章 绪论	(1)
第一节 网络法的产生与发展	(1)
第二节 网络计划示例	(8)
第三节 网络法的特点	(11)
第二章 网络图	(20)
第一节 基本概念	(20)
一 工作	(20)
二 节点	(23)
三 线路	(27)
四 目标	(35)
第二节 相互关系	(35)
一 相互关系的区分	(37)
二 相互关系的处理	(38)
三 相互关系的表达	(40)
第三节 网络图的规则	(46)
第四节 网络图的分类	(49)
第五节 单代号网络	(51)

第三章	网络计划的编制	(53)
第一节	将任务细化	(53)
第二节	确定工作项目及其相互关系	(56)
第三节	确定工作的延续时间	(58)
第四节	绘制网络图	(61)
一	绘制网络图的一般要领和步骤	(61)
二	构造网络图的简便技巧	(63)
三	给节点编号——顺序坐标法	(69)
第五节	简化与合并网络图	(70)
第六节	示例	(76)
第四章	网络计划的时间参数计算	(82)
第一节	控制性参数	(84)
一	最早时间	(84)
二	最迟时间	(89)
第二节	协调性参数	(93)
一	工作的总机动时间	(93)
二	工作的局部机动时间	(96)
第三节	协调性参数的使用	(98)
一	工作的总机动时间与局部机动时间的关系	(98)
二	使用工作的机动时间对其它工作的影响	(99)
三	使用工作的机动时间对线路的影响	(100)
四	工作机动时间的使用原则	(103)
第四节	图算法	(104)
第五节	有强制时限的参数计算	(106)

一	有一般强制开始时限的计算	(106)
二	有一般强制结束时限的计算	(109)
三	有绝对强制开始时限的计算	(110)
四	有绝对强制结束时限的计算	(111)
第五章	时间坐标网络图	(113)
第一节	时间坐标网络图的概念	(113)
第二节	时间坐标网络图的判读	(116)
一	工作总机动时间的判读	(117)
二	工作最迟开始和结束时间的判读	(118)
三	工作有效机动时间的判读	(118)
第三节	时间坐标网络图的标画原则	(120)
第四节	时间坐标网络图的标画方法	(123)
第六章	网络计划的时间优化	(128)
第一节	时间优化的措施	(129)
一	改进工作的组织方式	(129)
二	从计划内部机动资源	(132)
三	从计划外增加资源	(134)
四	优化工作的组织关系	(134)
第二节	循环优化法	(137)
一	循环优化法原理	(137)
二	循环优化法的步骤和实例	(138)
第三节	非循环优化法	(141)
一	非循环优化法原理	(141)
二	需缩线路	(141)
三	非循环优化法的步骤和实例	(143)

第四节	组织关系的优化处理	(146)
一	组织关系优化原理	(146)
二	组织关系优化的步骤和实例	(148)
第七章	网络计划的资源优化	(153)
第一节	规定工期的资源均衡	(155)
一	削峰填谷法原理	(155)
二	削峰填谷法的步骤和实例	(156)
第二节	有限资源的合理分配	(177)
一	备用库法原理	(177)
二	备用库法的步骤和实例	(178)
第三节	资源优化后的关键线路	(184)
第八章	网络计划的流程优化	(188)
第一节	理想流程图	(189)
第二节	排序近优化法则	(191)
一	求最优排序的复杂性	(191)
二	约翰逊定理	(192)
三	约翰逊定理的推广——排序近优化法则	(194)
第三节	工作中断的判别和消除	(201)
一	工作中断的判别	(201)
二	工作中断的消除	(204)
第四节	流程优化的步骤和实例	(206)
一	单方流程优化问题	(206)
二	双方流程优化问题	(211)
第九章	网络计划的费用优化	(217)

第一节	几个概念	(218)
一	工作的时间——费用关系	(218)
二	最优压缩时间	(220)
三	最大流——最小割定理	(222)
第二节	直接费用的优化原理	(223)
第三节	直接费用优化的步骤和实例	(227)
第四节	总费用最低的最优工期	(235)
第十章	网络计划的执行	(238)
第一节	日历时间的换算	(238)
第二节	计划的下达方式	(239)
一	时标网络方式	(239)
二	新横道图方式	(239)
第三节	进度动态曲线	(241)
第四节	计划的控制	(246)
第十一章	非肯定型网络	(252)
第一节	工作的期望时间与方差	(254)
一	数学期望值与方差的意义	(254)
二	工作的期望时间与方差	(259)
第二节	任务的期望工期与方差	(263)
第三节	任务完成期限的概率	(265)
一	正态分布的意义	(265)
二	任务完成期限的概率	(267)
第四节	确定关键线路的问题	(271)
一	关键线路与主要矛盾线	(271)
二	关键线路与次关键线路	(272)

第五节 确定任务完成期限的标准.....	(273)
结束语	(275)
附录一 正态概率分布表.....	(280)
附录二 主要参考文献.....	(284)

第一章 绪 论

网络法是五十年代中期发展起来的一种科学的计划管理技术，它是运筹学的一个组成部分，也是系统工程中的一种重要方法。这种技术被人们赞誉为“在航天时代争分夺秒的管理上的突破”；在军事运用方面，军事家称它是“科学的军队指挥方法”。当前，在科学管理的种种新方法中，应用最广泛、最著名的就是网络法。它已经和正在继续渗透到人类活动的各个领域，并且正在迅速地取代着传统落后的计划管理方法，从而成为所有管理者必不可少的通用工具。计划是管理的核心，而进度计划又是计划的核心。运用网络法的目的就是从计划、进度计划方面去增强管理功能。大力推广和运用这种技术无疑是实现管理现代化的一个重要环节。

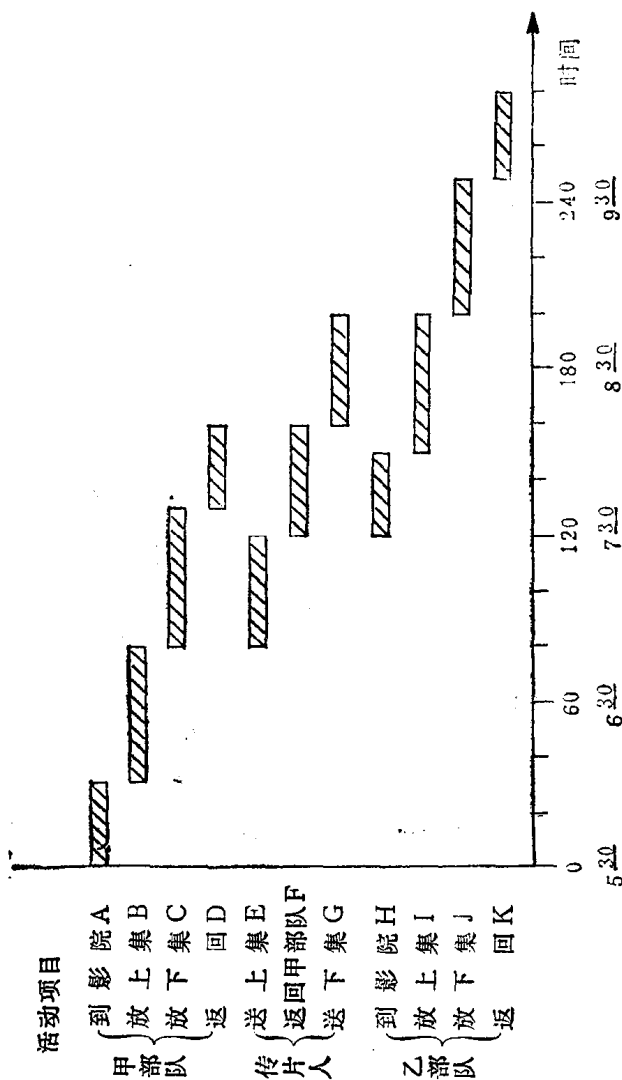
第一节 网络法的产生与发展

当今人类活动的特点之一就在于它的计划性。为了制定计划和实施管理就需要有一种形式来作为工具。在网络法出现以前，从本世纪初开始，在生产、施工、科研和军事等领域应用最广泛的计划形式是横道图。横道图是由美国人H·F·甘特所发明的，故又称甘特图。图1—1是一个放映计划

(示例)的横道图。在横道图中,采用带状线条表示工作(活动)项目的延续时间。这种横道图可以相当有效地表达出计划的总工期和每个工作项目的时间分配,何时开始,何时结束,一目了然,具有直观易懂的优点。所以它一直沿用至今。

但作为一种计划管理的工具,横道图的致命缺点就在于不能反映工作项目之间的相互关系。在横道图中,工作项目是孤立的,没有能使计划构成一个系统的整体,因而也就不能从数学的高度去分析工作之间相互制约的数量关系,以便揭示计划中的关键环节。这样,当某件工作的进程提前或拖后时,就难以发现其对整个计划所产生的影响,当然也就不能对此作出迅速的反应和采取有效的措施。例如,在安排图1—1所示的放映计划时,虽然人们在事先也会考虑到活动项目之间的相互关系:“乙部队放上集”的先决条件是“传片人员送上集到乙部队”和“乙部队到影院”等等,而在横道图中这种相互关系都没有得到明确的表示。这样,要对一项任务作出科学的计划是困难的。假如因某种原因,“甲部队放下集”由50分钟拖到90分钟,将会对乙部队的活动产生什么样的影响呢?这在横道图中是很难一下子判明的。类似这样的问题,在复杂计划中就更加突出。正是由于这种横道图不能实现定量分析,因而也就根本谈不上实现计划的最优化。也正是这个原因,使它又直接妨碍着现代化的科学计算手段——电子计算机的利用。总之,应用这种传统的计划形式是不可能实现计划管理现代化的。

第二次世界大战以来,随着科学技术的迅猛发展,社会生产规模逐步扩大,计划管理工作日益显示它的必要性和重要性。例如:举世闻名的美国“阿波罗”登月计划(1961年一



说明: 有一部影片, 需要分上下集在甲、乙两个部队交替放映, 中间有一人传片。放映顺序先甲部队后乙部队。部队到达影院和返回驻地时间各需30分钟, 放映上、下集各需50分钟, 传片人由甲部队到乙部队或由乙部队到甲部队各需40分钟。

图 1-1 横道图示例 (放映计划)

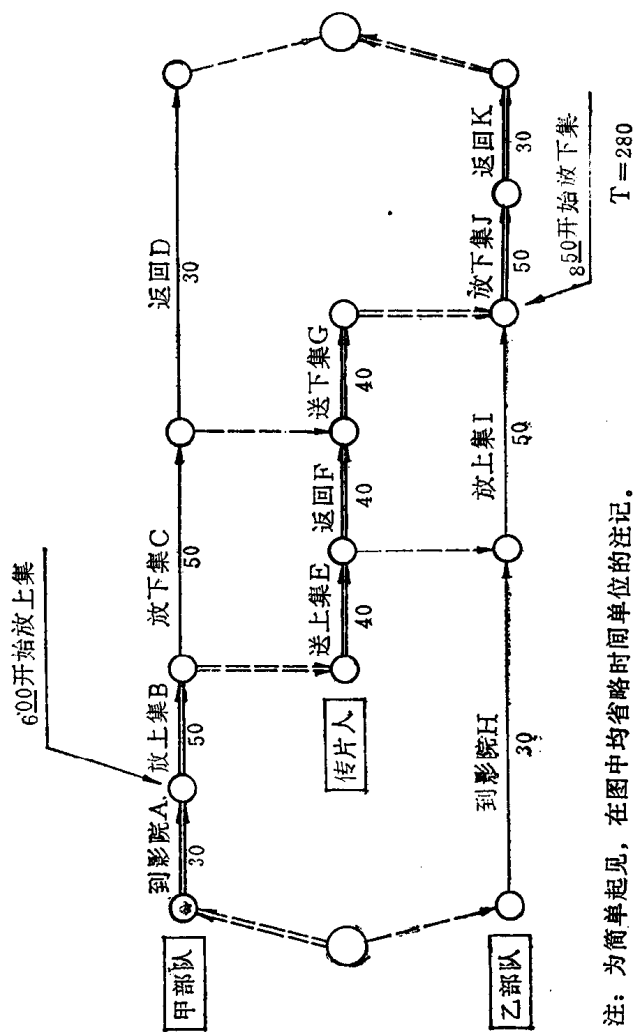
1972年),就有二万多家公司和一百二十多所大学实验室参加了研制与生产,总投资达四百亿美元。在这种错综复杂的巨型工程系统中,由于参加的单位部门多,相互制约关系复杂,这就要求计划能有效地加以协调;由于对各种资源的需要量大,这就要求计划能对各种资源进行统筹平衡;由于科研生产的不确定性,这就要求计划能在事前作出有数学根据的预测。一句话,对计划管理工作提出了全新的要求,迫使计划模型要能高度地反映计划对象的客观现实和具有比较完备的功能。而这里起核心和主导作用的问题,就是要求计划能反映和处理工作项目之间的相互关系。这一点,与简单任务是有实质性区别的:在简单任务中,工作项目之间的相互关系,一目了然,凭人们的直觉和经验即可得到较好的处理。因此,任务完成主要取决于工作项目这个局部的情况,而其相互关系的矛盾不甚突出。所以,以往的计划形式都是以清楚地表达工作项目这个局部情况得到满足,而成为一种有效的计划形式的。但在这种复杂系统中,任务成败的关键不在于工作项目这个局部的本身,而是在于这些局部之间的配合和协调方面,在于对工作项目之间相互关系的处理方面。计划的潜力正是集中地表现在这种相互关系之中,再要凭人们的直觉和经验来挖掘这种潜力是不可能的了,为此必须借助科学的计划模型。在这种情况下,横道图计划法已无济于事了,这就迫切需要改革这种传统的计划管理方法,使之科学化。于是,网络计划法应运而生了。

网络计划是以网络图为基础的计划模型。它最本质的优点就是能直观地反映工作项目之间的相互关系;使一项计划构成一个系统的整体,从而为实现对计划的定量分析奠定了基础。对一项任务来说,要作出科学的计划,网络模型是必

不可少的。图 1—2 是一个与图 1—1 所示的横道图相对应的网络图。将两者加以对照，就不难发现网络图的优点所在。

网络法起源于美国，当时分别称之为关键线路法（简称 CPM）和计划评审法（简称 PERT）。关键线路法是在一九五六年由杜帮·奈莫斯建筑公司与斯派里·兰德公司合作发展起来的。它一问世，就立即得到建筑行业的重视。在第二年，它被应用于建造一个价值一千万美元的化工厂，使整个工期缩短了四个月。杜帮公司应用这种方法安排维修计划，一年内就节省一百万美元。实践证明：这种方法作为计划管理的工具十分有效。计划评审法是隶属于美国海军军械局特种工程处的布兹——艾伦和汉密尔顿系统咨询机关在一九五八年提出来的。美国海军的北极星导弹潜艇发展计划，有几十亿个管理项目，编制网络图就占用了半年时间，原计划六年完成，由于应用了这项技术，结果使该项计划的完成提前了二年。他们把北极星导弹潜艇的研究成功主要归功于这种科学的计划管理技术。于是，计划评审法一举成名。

关键线路法与计划评审法两者名称虽不同，但主要概念和方法都是一致的。其共同点是相互关系属于肯定型，即这两种方法都能明确地表示工作之间肯定的相互关系。主要不同点是时间关系分肯定型和非肯定型：PERT 属于非肯定型，工作项目的时间采用“三个估计值”（最乐观、最可能、最悲观）；CPM 属于肯定型，工作项目的时间采用“一个估计值”（最可能）。由此可见，PERT 在时间取值上计入不确定因素，而 CPM 不计入不确定因素。因此，CPM 适用于工程建设项目，而 PERT 更适用于科研项目和一次性计划。其次，PERT 着重考虑时间因素，主要用于控制进度；



注：为简单起见，在图中均省略时间单位的注记。

图1—2 网络图示例（放映计划）

而CPM则往往兼顾时间和费用两大因素，力求用最低费用去确定工期，亦即在时间和费用两个方面作出抉择。在后面的论述中将进一步深入地说明这些问题。这两种方法各有特点，近些年来，两者竞相发展，互相补充，互相渗透，相得益彰，已经没有必要把它们区别了。在国外，有的学者称为“PERT—CPM”管理技术。本书也力图将两者熔于一炉，并称之为网络法。

自CPM和PERT产生以来，为适应各种情况的需要，网络计划的形式有了很大的发展，到目前为止已出现四种类型（详见书末）几十种方法，但它们无不起源于CPM和PERT。

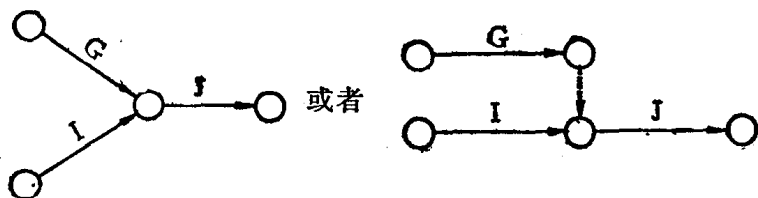
由于这种新技术一开始就在巨型工程中取得了卓越成效，因此，立即引起了世界各国管理者的重视，使之在较短的时间内得到了广泛的传播和应用。在国外，特别是美国、苏联和日本，对推广和运用网络法极为重视。一九六一年春，美国政府就规定：凡是一切由政府进行的工程，都必须采用这种技术。就军方来说，每一项大型军事工程，如不编制网络计划，国防部就予以批准。他们在一九七〇年曾对二百三十五家企业进行过一次调查，结果表明使用网络计划的占81%。苏联是从六十年代开始运用的，到第九个五年计划（1970年—1975年）期间，这种方法的推广面已达34%。同时，他们还在军事领域中进行了大力推广和普及，并“要求各级司令部大胆采用”。在日本，大成建设公司于一九六二年首先倡导应用这种技术，目前，这种技术的应用已很普遍。在我国，著名数学家华罗庚教授早在六十年代中期就开始在全国宣传和推广这种技术，并称之为“统筹方法”。可是在十年动乱中，网络法的推广也同样受到了严重干扰。近几年来，我国的管理科学得到了迅速发展，一九七八年成立了中

国管理现代化研究会，一九八〇年成立了北京统筹法研究会，这标志着我国管理科学的发展进入了一个新的阶段。当前，网络法在科研、生产、施工、军事等各个领域的推广和应用逐步扩大，越来越受到人们的重视。可以预料，随着科学管理高潮的到来，网络法必将在我国得到迅速的推广和普及，并取得显著的成效。

第二节 网络计划示例

为使读者对网络法的整个概念有一个初步了解，下面将上述提出的放映计划作为示例来分析。大家知道，这是一项极其简单的活动，然而要作出科学的计划，也需要回答一系列的具体问题。诸如：从部队出发到看完电影返回驻地需要多少时间？各部队何时出发，何时返回？何时开始放映，何时放映结束？若要缩短整个过程的时间，应从何处着手？

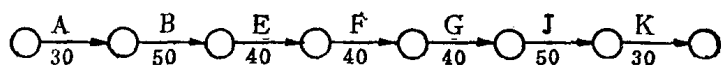
人们首先注意到，这项计划是由一系列具体活动构成的，而这些活动之间都存在着一定的相互关系。如乙部队放映下集须待上集放映完和接到下集后才能开始，于是乙部队放映上集（I）、送下集到乙部队（G）、乙部队放下集（J）这三项活动及联系可图示为：



这项计划的所有活动及其它们之间的相互联系，可用一个网

络图来表达，这个网络图就使甲、乙部队和传片人三者构成了一个完整的系统。有了这个网络图，再根据每项活动的延续时间，就可以求出一系列有关活动安排的重要数据，从而使上述提出的许多问题得到科学的回答。

观察这个网络图可以发现，从部队出发到返回这个全过程时间（即工期）被一条称为“关键线路”的线路控制着（见下图）。



这条线路的长度为 $30 + 50 + 40 + 40 + 40 + 50 + 30 = 280$ 分钟。显而易见，这条线路上的活动没有一点松弛的余地，其中任何一项活动的延长都会导致工期的延长；相反，其中任何一项活动时间的缩短都能在一定范围内缩短工期。可见，若要缩短工期就必须从这条关键线路入手。如，把传片的三项活动各缩短15分钟，工期就可以由280分钟缩短到235分钟。而网络图中另一些活动（C、D、H、I）都存在着一定的机动时间，缩短这些活动时间并不会引起工期的缩短；相反，适当地延长这些活动时间，也不会导致工期的延长。如，乙部队放上集（I）这项活动由50分钟延长至80分钟，并不会影响乙部队的实际返回时间；超过了这个限度又会出现什么样的情况呢？读者可以自行分析。明白了上述道理之后，就可以使人们抓住主要矛盾，对所有活动作出科学的安排，以制定出一个最优计划。

假定甲部队6点开始放映。对于甲部队四项活动的安排是简单的，即：