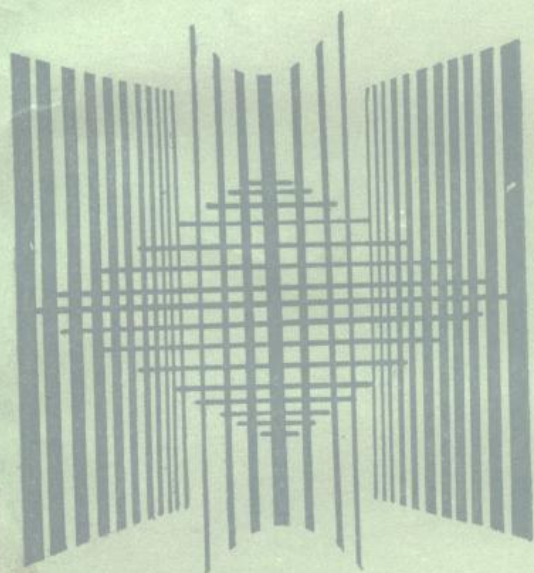


网络计划技术原理与应用

廖 胜 芳
刘 海 深 编 著
陶 德 滋



北京航空學院出版社

26
770

网络计划技术原理与应用

廖胜芳
刘海深 编著
陶德滋

北京航空學院出版社

8810259

内 容 简 介

本书对网络计划技术的基本原理和方法作了系统的阐述,并大量列举了有关方面的应用典型实例,做到了原理、方法与应用相结合,具有较强的实用价值。书中提出了网络优化的新方法,对时差和关键线路提出了新观点及新的计算方法,同时,各主要计算部分配有常用的Basic语言程序。内容主要包括:概述、网络图、时间值的计算、网络计划的优化、组合网络计划技术及网络计划技术的应用等。

本书可供各级领导干部、企事业单位和经济管理部门的技术与管理人员阅读,或作为培训教材,也可供自学者及院校管理专业师生学习、参考用书。

网络计划技术原理与应用

廖胜芳

刘海深 编著

陶德滋

责任编辑 曾昭奇

北京航空学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省固安县印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张:8.75 字数:227千字

1987年10月第一版 1987年10月第一次印刷

印数:14000 册 定价:2.40元

ISBN 7-81012-017-4/TB·007

序 言

现代化的技术和现代化的管理是现代化大生产不可缺少的两个轮子。随着四化建设的发展与改革的深入，大力推行企业管理现代化，是越来越迫切的一项重要任务。

网络计划技术是现代管理科学中一项行之有效的方法，它在国民经济、科学研究和企业管理中，显示出越来越大的作用。

早在60年代初，我国著名数学家华罗庚教授就把网络技术基本原理应用于我国生产建设实际，取得了显著效果，并在此基础上发表了通俗易懂的《统筹方法平话》一书，在全国范围内进行宣传推广，取得了很大效益。华老在逝世前不久还亲自写信给赵紫阳总理，建议进一步推广应用“一论两法”（即宏观优化计划经济的数学理论、统筹法、优选法），得到了赵总理的重视。

搞活企业是经济体制改革的中心环节，推行企业管理现代化是搞活企业、适应社会主义商品经济发展的重要手段。因此，推行企业管理现代化是改革的要求，而改革又为管理现代化提供了必要的条件。实践证明，不进行改革，推行管理

现代化就不可能取得重大的突破和发展，而现代化管理又为改革成果的巩固与发展提供了保证。

为适应经济体制改革的需要，提高企业的现代化管理水平，为了给经济管理部门和企业管理人员，学习现代化管理的理论和方法提供方便，廖胜芳、刘海深、陶德滋同志在院校及企业教学实践的基础上，编写了《网络计划技术原理与应用》一书。此书例举了大量的应用典型实例，做到了原理、方法与应用相结合，具有较强的实用价值。该书通俗易懂，具有中等以上文化程度的人员，都能看得懂、学得会、用得上。

为了实现四个现代化，全面提高企业素质，我们要进一步重视企业管理，学习它、掌握它、应用它；要在不断总结自己的管理经验的同时，吸取国外的有益经验，使我们的企业管理逐步实现现代化。现在，《网络计划技术原理与应用》一书问世了，愿这本书对广大读者，掌握和应用这一现代化管理方法——网络计划技术有所裨益。

天津市人大常委会副主任
中国企业管理协会副会长
天津市企业管理协会会长

刘曾坤

一九八六年十二月二十日

目 录

第一章 概述

- 第一节 网络计划技术的产生与发展..... (1)
- 第二节 网络计划技术的特点..... (2)
- 第三节 引例..... (5)

第二章 网络图

- 第一节 网络图的组成..... (8)
- 第二节 网络图的绘制..... (16)
- 第三节 网络图的表达方式..... (26)

第三章 网络时间的计算

- 第一节 作业时间的估计与确定..... (31)
- 第二节 结点时间的计算..... (38)
- 第三节 作业起止时间的计算..... (41)
- 第四节 时差、关键线路及工期..... (45)
- 第五节 网络时间的手算方法..... (60)
- 第六节 计算机程序..... (68)

第四章 网络计划的调整与优化

- 第一节 时间的调整与优化..... (78)
- 第二节 时间—资源的均衡..... (83)
- 第三节 时间—费用优化..... (90)
- 第四节 时间—资源均衡问题的程序设计..... (98)

第五章 组合网络法

- 第一节 组合网络法的概念..... (110)
- 第二节 组合网络法的基本原理..... (110)
- 第三节 组合网络计划的编制..... (112)

第四节	按最短时间规则确定施工顺序·····	(119)
第六章	网络计划技术在企业管理中的应用	
第一节	网络计划技术在生产组织工作中的应用·····	(136)
第二节	应用网络计划技术缩短生产周期·····	(161)
第三节	网络计划技术在试制新产品工作中的应用·····	(173)
第四节	网络计划技术在设备安装检修工作中的应用···	(192)
第五节	网络计划技术在技术改造工作中的应用·····	(219)
第六节	网络计划技术在技术组织措施计划中的应用···	(260)
第七节	网络计划技术在基建工程中的应用·····	(270)

第一章 概述

第一节 网络计划技术的产生与发展

计划与控制，是企业按照预定目标进行合理、有效的生产，并取得良好经济效益的基本保证。在生产经营活动过程中，如果计划不周、组织不当，就会产生脱节、窝工、停工待料等现象，从而影响生产进度，造成人力、物力、财力的浪费。而要搞好计划工作，计划的方法和技术则是一个非常重要的问题。

网络计划技术也称网络计划方法，是一种关于生产组织和管理的方法。它通过网络图制订计划，求得计划的最优方案，并据以组织和控制生产，使其达到预定目标的一种科学管理方法。

第二次世界大战以后，一些工业发达的国家，为了适应现代化生产发展和现代科学研究对组织、计划工作的需要，在计划的方法论上进行了大量的研究工作，陆续创立并采用了一些计划管理的新方法。这些方法尽管名目繁多，但其内容都大同小异。其中，应用较早和最有代表性的要算关键线路法（Critical Path Method，简称CPM）和计划评审技术（Program Envaluation and Review Techniques，简称PERT）。这两种方法广泛应用于工业、农业、国防以及开发研究等计划和管理中，收到了良好的效果。

早在1956年，由美国的一些数学家和工程师组成的小组，开始了对网络计划技术的研究。1957年，CPM首先在杜邦（Du-pont）公司得到应用，最初用于计划和管理化工厂的建设与维修

工作，以后广泛用于其他工程活动中。例如，该公司将CPM应用于路易斯维尔（Louisville）维修计划，结果维修时间从原来的125小时减少到78小时。1958年，美国海军武器局特别规划室，独立地研究计划评审技术（PERT）。后来在北极星导弹的研制工作中，由于应用了PERT，使完工时间比原订计划提前约两年，在成本控制方面也取得了显著的效果。从1959年起，它广泛应用于各种大规模工业中，如军事工业、计算机工业和电视工业等。60年代有42万人参加的，耗资400亿美元的美国“阿波罗”载人登月计划，也是利用PERT进行计划和管理。1961年，美国国防部和国家航空太空总署规定，凡承制军用品，必须采用PERT来进行计划和控制，引起世界各国普遍重视。

PERT与CPM是彼此独立发展起来的计划方法，尽管在细节上有所不同，但是它们的基本原理是一致的，都是以网络图为基础，通过网络分析与计算，制订出网络计划与实施管理的。这两种方法的重要区别有以下两个方面：

（1）CPM是假定每项工作所需要的时间是确定的，而PERT对各项工作所需时间基于概率估计，是不确定的，因而这两种方法适用的侧重面不一样。

（2）CPM不仅考虑时间，而且还考虑到成本和费用，即同时考虑到时间和费用的均衡问题。

由于这两种方法非常相似，所以，国外往往将PERT和CPM统称为PERT型系统方法，或网络计划技术。

第二节 网络计划技术的特点

长期以来，在生产的组织和管理上，特别是在生产进度的安排和控制上，一直沿用横道图（即甘特图）的计划方法。横道图方法的特点是在列出每个工作项目后，画出一条水平线，以表明工作或生产的进度。这种方法具有简单、直观、易懂，便于计划与

实际进行比较和检查等优点。因此，直到目前还继续使用。但是，它不能反映出计划内多项工作之间的先后顺序和相互制约的关系，看不出一项工作提前或推迟完成对整个计划有没有影响和影响程度，也不能清楚地反映出哪些工作是主要的、关键性的，无法用电子计算机计算等，因而很难实现工程项目的最优计划、组织和控制。网络计划技术的出现和应用，正好弥补了横道图的不足。

网络计划技术与横道图方法相比，具有以下特点：

(1) 网络计划的编制过程就是深入调查研究，对计划进行认真分析比较的过程，这有利于克服计划编制工作中的主观盲目性，把计划建立在切实可靠的基础上。

(2) 通过网络图能清楚地反映出整个计划中各项作业（工序）之间相互制约、相互协调的逻辑关系，能使生产人员知道自己所负担的工作在全局中所处的地位和作用，有利于他们协作配合，共同保证计划任务的按期完成。

(3) 能准确地指出对整个计划有影响的关键工序，从而使各级领导能综观全局，抓住关键，合理调配资源，实行重点管理，能较准确地预见工程的进展，确保计划任务的落实。

(4) 能进行计划的优化比较，从许多可行的方案中选出最优方案。

(5) 网络计划技术既是一种计划方法，又是一种组织和控制生产的工具，对于在生产中较难控制的因素，如原材料、动力、外购件、外协件的供应，可以在绘制网络图时，预先增加催取和等待时间，并在执行过程中，根据网络图标明的日期，及早采取措施。

(6) 网络计划技术适用于各类大小工程项目，可以用手工计算，也可以用电子计算机计算。对于大型的复杂的网络模型，采用电子计算机计算，这就为实现自动化管理创造了有利条件。

由于网络计划技术具有上述许多优点，因此引起了世界各国

的普遍重视，并得到广泛的应用。根据对美国四百家最大建筑企业调查表明，1965年使用CPM方法者只有47%，1970年使用者达到80%。1978年3月，美国土木工程协会会刊评论说，“PERT/CPM是目前仅有的计划管理新方法，并且在可以预见的将来（5~10年内），不会出现新的方法来代替它，因此我们应该享有它，使用它，改进它。”

苏联政府从1964年开始，就颁布了一系列有关规定和应用网络计划的指示、基本条例等法令性文件，并且规定所有大的建筑工程都必须采用PERT/CPM方法，同时实行作业管理，加强调度工作。

这种方法在英国、法国、西德、加拿大和日本等国家的许多工程上也都得到了检验，并获得了各方面良好的评价*。

我国在60年代初期，华罗庚教授就开始研究和试用这些计划管理的新方法。他于1965年6月6日在《人民日报》上发表了《统筹方法平话》一文，于是，在我国将这些方法统一定名为“统筹方法”。现在，这种方法已广泛应用于我国国民经济的各个部门和各个领域的计划和管理中。实践证明，采用网络计划技术在缩短工期、提高工效、降低成本以及合理利用资源等方面有良好的效果。例如，东北丹东化纤厂在70年代初就将网络计划技术应用于粘胶人造丝生产系统的设备大检修中，使过去每年停产35天才能完成的任务缩短为23天，使检修工期缩短34%，一次试车成功。该厂十多年来坚持从实际出发，推行网络计划技术，并注意和日常管理密切结合，对工厂的技术改造等工程项目，做到“没有网络不审批，不进行优化不施工”，在制度上保证了网络计划方法的实施，收到了明显的效果。

大力推行企业管理现代化，是城市经济体制改革深入开展的新形势下，摆在我国人民面前的一项重要而迫切的任务。为了使

-
- * 参阅《计划管理新方法——网络计划的计算与实例》，江景波主编，上海科学技术出版社，1983年4月第一版前言部分。

企业在整顿合格后进一步发展提高，为了使企业的改革朝着现代化的方向发展并使改革的成果得到巩固和发展，为了适应我国经济形势发展和世界新技术革命挑战的需要，都必须在大力推进技术进步的同时，把企业管理现代化摆到重要议事日程上来。近几年来，不少地区和部门在这方面做了不少工作，取得了一定成绩，也积累了不少经验。在这个基础上，国家经济委员会于1984年向各企业推荐了一批现代管理方法和手段，网络计划技术（统筹法）就是其中主要的一项。我们深信，网络计划方法必将在我国的社会主义“四化”事业中发挥更大的作用。

应该指出，一般地说，网络计划技术对任何生产部门和科研单位都有其用武之地。但是，它最适用于一次性的大规模工程项目，如工业基地的大型建设项目、科研研制项目、建筑工程项目、新产品试制项目、老厂改造项目、大型设备维修项目，以及单件小批生产任务作业计划的编制。一般来说，工程规模越大、项目越多、越复杂，应用网络计划技术越有效。

第三节 引 例

网络计划技术的基本思想是很朴素的，其实，我们在工作中甚至日常生活中，往往不自觉地都在运用它。譬如，星期天上午从九点起，夫妇两口要做的几件事情：洗衣服，单独一个人要3小时；做饭，单独一个人要1小时；夫妇一起用膳要0.5小时。到十一点半钟，夫妇必须出门到电影院看电影，即所有事情必须在上午九时至十一时半之间的2.5小时内完成。采用网络计划方法时，把上述各项事情用带箭头的箭线来表示，如图1-1所示。

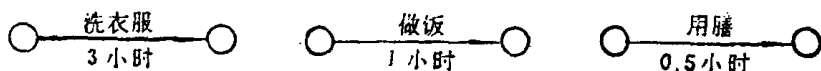


图 1-1

对这三种事情的安排，可采用下列几种方法，并通过网络图的形式表示出来，如图1-2所示。

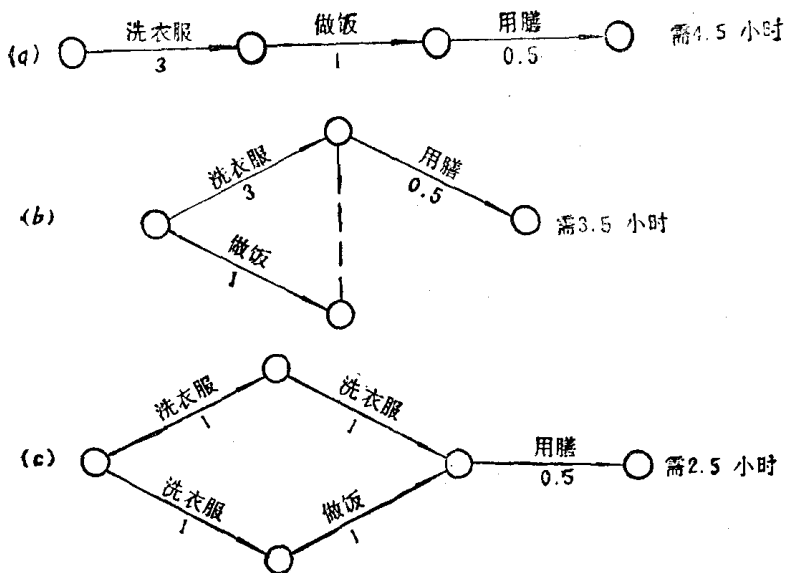


图 1-2 网络图

图1-2 (a) 表示由一个人洗衣服, 洗完后再做饭, 最后夫妇一起用膳。显然, 这种安排方法, 三种事情共需4.5小时才能完成, 因此无法在十一时半出门看电影去。

图1-2 (b) 表示一个人洗衣服, 同时另一个人做饭, 采用这种安排方法仍需3.5小时, 其中的虚箭线表示等待一起用膳。

图1-2 (c) 表示把洗衣服分成三份, 两人同时洗上1小时的衣服, 剩下的一份洗衣服与做饭任务, 分别由男、女同时接着进行。这样, 到十一时半便能如期出去看电影。

由图1-2并通过简单的计算可知, 关键所在是洗衣服, 对于做饭来说, 它有2小时的机动潜力。因此, 为了缩短工期, 提高工效, 达到预期的目标, 就需主要抓住洗衣服这一环节, 并且要充分挖掘做饭这一环节的潜力。于是, 这一工作可以从下述三个角度着手调整:

1. 把某些串接 (依次做) 工作改为并接 (同时做), 例如由图1-2 (a) 到图1-2 (b) 的调整。

2. 变更人力、物力的分配,把人力、物力从非关键工作中抽出来支援关键工作。例如由图1-2(b)到图1-2(c)的调整,即做饭这一环节支援洗衣服这一环节。

3. 在关键工作中投入新设备或技术革新,例如在洗衣服这一环节中采用洗衣机。

通过调整与优化,就可以看出上述三种安排中,图1-2(c)代表的办法最好。因为,它的工期最短、工效最高,能够实现预定的目标(十一点半出门去看电影)。而其它两种安排都存在“窝工”现象,均未能达到预定的目标要求。因此,图1-2(c)代表的方案是最优方案。当然,在计划执行过程中,还需进行有效的控制和监督,保证人力、物力、资金等资源的供应和合理利用,争取达到最完善的结果。

根据以上所述,可以把网络计划技术的基本原理和步骤归纳如下:首先应用网络形式来表达一项计划(或工程)中各个工作(工序)的先后顺序和相互制约的关系;其次通过计算找出计划(工程)中的关键工作和关键线路;再次通过不断调整与优化网络计划,以选择最优计划方案;最后在计划执行过程中进行有效的控制和监督,保证以最少的消耗,取得最大的经济效益。

上述仅是日常生活中运用网络计划技术一个简单例子。对于现代化建设和生产来说,比这种情形要复杂的多得多。但是,它们运用网络计划技术的基本原理是一致的。由于日常生活中的事情比较简单,凭经验就可以进行组织安排;对于现代生产来说,任务繁多,关系错综复杂,千头万绪,有成千上万人员参加,单凭经验安排是无法使各个环节一环扣一环、配合协调顺利进行的,而需要有科学的计划、组织与控制,网络计划技术就是为了适应这种需要而产生的一种科学管理方法。这一节提出的引例,其目的在于使读者深入浅出地理解这种方法的基本原理,掌握它的概念,为以后学习创造有利条件。从第二章起,所述内容就是这种方法基本原理的展开,以及它在企业管理中的应用实例。

第二章 网络图

网络图就是对一项计划（工程），从整体出发，用系统的观点分析有哪些作业项目（工作），以及这些作业项目之间的相互关系和先后排列顺序，应用点、线连结成网状结构的箭头图。借助网络图，可以计算有关时间参数，决定关键工序和关键线路，以便更合理地使用已有的人力、物力和资金，进行统筹安排，利用较短时间和较少费用完成全部任务。所以，研究和运用网络计划技术，首先必须从网络图开始。

第一节 网络图的组成

网络图是网络计划技术的基础，它是由工作、事项和线路三个要素组成的。

一、工作（又称活动、作业、工序）

工作是指一项有具体活动的过程，它需要有人力、物力参加，并经过一定时间后才能完成的活动过程。因此，可以是一项作业、一道工序，也可以是一项活动等。例如，可以把整个零件加工作为一项工作，也可以把零件加工中车、铣、钳等工序分别作为一项工作。有些工作虽然不消耗人力、物力，但需要一定时间才能完成，如油漆后干燥、酿造发酵、技术性的间歇等，也应视为工作。工作在网络图中用带箭头的箭线表示，一个带箭头的箭线表示一项工作，符号为“→”，箭线所指的方向表示工作进行的方向，箭尾表示工作的开始，箭头表示工作的结束。在不附设有时间坐标的网络图中，箭线的位置、形状、长短与工作所需的时间多少无关；如果附设有时间坐标，箭线则必须按比例绘

制。在一般情况下，箭线上方标明工作名称或代号，把完成这一工作所需要的作业时间标在箭线的下方。

此外，在网络图中还有一种工作称为虚工作，它是虚设的，既不占用时间和资源，也没有工作名称，是指作业时间为零的一种工作。虚工作一般用虚箭线“ $\cdots\rightarrow$ ”表示。网络图中引用虚箭线有着重要意义，它可以表明工作之间的相互依存逻辑关系，它可以消除工作之间模棱两可、含混不清的现象。例如，某台设备进行检修，设有四项作业，首先要拆卸机器（ a ），然后同时进行电气修理（ b ）和零件修理（ c ），最后总装试车（ d ）。这四项作业之间的相互关系和先后顺序是： a 必须在 b 、 c 两项作业之前完成， b 和 c 平行进行，共同完成后 d 才能开始。网络图如不引用虚工作，则会出现错误的表示方法，如图2-1所示。因为结点② $\rightarrow$ ③既是作业 b ，又是作业 c ，没有把 b 和 c 区别开来，特别在利用电子计算机进行计算时，会发生很大的错误。要正确地表达这四项作业之间的相互关系，就必须引用虚工作，如图2-2所示。

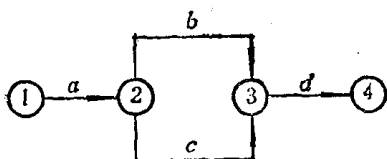


图2-1 错误的表示方法

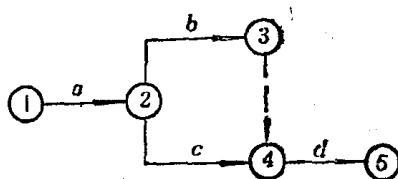


图2-2 正确的表示方法

一般来说，在下列三种情况下，网络图中必须引入虚工作（虚作业）：

（一）如果两个结点之间，有两项以上的平行作业存在，则除其中一项作业外，其余必须引入虚作业，否则会出现含混不清的现象。如图2-3中② $\rightarrow$ ③既代表作业 B_1 ，又代表作业 B_2 、 B_3 ，出现含混不清的现象，因而这种表示方法是错误的。如果引入虚作业后，则消除了这种现象，如图2-4的表示方法是正确的。

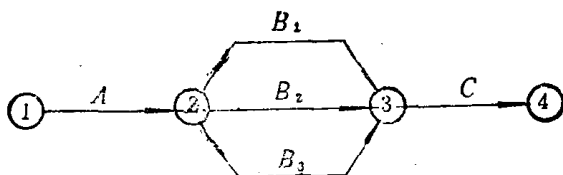


图2-3 错误的表示方法

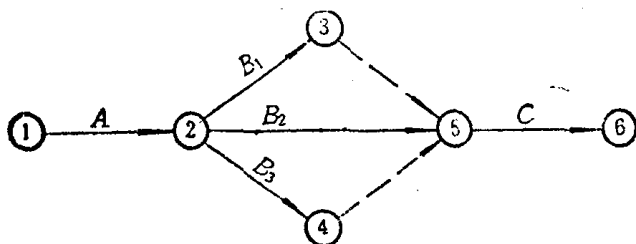


图2-4 正确的表示方法

(二) 当遇到几项交叉作业, 而且前后作业之间有密切联系, 在画网络图时, 也必须引入虚作业。所谓交叉, 就是当一项作业进行到一定程度后, 下一项作业就可以开始的意思, 用这种方法进行的作业就叫做交叉作业。

例如, 有100个零件需顺序进行拆卸、清洗和检查三项作业, 其网络图如图2-5所示。

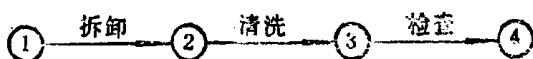


图2-5 网络图

用图2-5所示的串接方法进行各项作业, 完成整个作业的时间会较长, 为了缩短作业过程时间, 可以改串接为交叉进行。譬如, 在完成50个零件的某一作业后就可以进行下一项作业, 不必等100个零件都完成某一作业后再进行下一项作业, 此时每项作业分解为两项作业, 其网络图如图2-6所示。

为了减少网络图中的结点数, 可将图2-6改画为如图2-7或图2-8所示的网络图。