

现代管理方法普及丛书

网络计划技术

孙家和 孙家乐 编

南京工学院出版社

70-51

3

现代管理方法普及丛书

网络计划技术

孙家和 孙家乐 编

南京工学院出版社

内 容 提 要

网络计划技术是现代管理中的重要技术之一。它在经济发达国家中已广为采用,并获得显著成效。近年来,在企业管理和工程管理中的重要价值已逐渐为国内企业家和经济界人士所认识,并在某些先进企业和重大工程项目中采用,例如有名的引滦入津工程等。

本书内容在介绍网络计划技术的基本概念后,着重阐明网络图的结构与绘制方法,网络计划的优化以及网络计划应用实例;最后对动态网络计划技术作一简介。

本书内容注重应用,深入浅出,通俗易懂,可供中等以上文化程度的管理干部和经济工作者自学,也可作为各级管理部门和工矿企业的培训教材。

责任编辑 王小然

责任校对 陈东方

网 络 计 划 技 术

孙家和 孙家乐 编

南京工学院出版社出版

— 南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 大丰县印刷二厂印刷

开本 787×1092毫米 1/32 印张 3.125 字数 70.2千字

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数: 1—5000册

ISBN 7-81023-072-7

F·72

定价: 0.60元

前 言

网络计划技术是一种组织生产和进行计划管理的科学方法，是现代管理科学的一个重要部分。它在各项管理工作中已得到广泛的应用。

网络计划技术的基本原理是：利用网络图的形式来表示一项工程中的各项具体工作(任务、作业、工序等)的先后顺序和相互关系，并通过计算网络图中的有关参数，找出关键路线和关键作业，并不断改善网络计划，选择最优方案并付诸实施。然后再通过网络计划对整个计划进行有效的控制和监督，保证最合理地使用人力、物力和财力，获得最佳的经济效益。

网络计划技术是一种行之有效且便于推广的现代管理方法。早在六十年代华罗庚教授就倡导这种科学方法，并将它称为“统筹方法”，以取其统筹安排之意。

本书遵循深入浅出，循序渐近的原则，结合具体实例以讲述方法和应用为主，力求通俗易懂。具有中等以上文化水平的广大基层管理干部与工程技术人员均可阅读本书，并能学以致用。

由于编者水平所限，谬误之处欢迎读者指正。

编 者

1987年1月

目 录

第一章 基本概念

第一节 网络计划技术的产生和发展…………… (1)

第二节 网络计划技术的内容、特点及应用范围…………… (3)

第二章 网络图

第一节 网络图结构…………… (6)

第二节 绘制网络图的步骤…………… (13)

第三节 网络图的时间参数和关键路线…………… (17)

第四节 随机型网络的概率分析…………… (25)

第三章 网络计划的调整与优化

第一节 时间优化…………… (30)

第二节 时间-资源优化…………… (42)

第三节 时间-费用优化…………… (50)

第四节 分层网络图…………… (59)

第四章 网络计划应用实例

第一节 编制生产技术准备计划…………… (66)

第二节 编制单件小批发电机作业计划…………… (67)

第三节 产品生产定型技术准备及试制计划…………… (71)

第四节 编制总装配流水线工程计划…………… (76)

第五章 动态网络计划技术简介

第一节 概述…………… (87)

第二节 动态网络图结构…………… (89)

附录: 正态分布数值表…………… (96)

第一章 基本概念

第一节 网络计划技术的产生和发展

网络计划技术最早起源于美国,当时包括两项技术,分别称之为关键路线法,简称 CPM(Critical path Method)和计划评审法,简称 PERT (program Evaluation and Review Technique)。关键路线法是在 1956 年由杜邦、奈莫斯建筑公司与斯派里·兰德公司合作研究出来的。1957 年杜邦公司将它应用于建造一个价值一千万美元的合成橡胶化工厂,使整个工期缩短了四个月。接着又将它应用于生产设备维修工程,一年内就节约 100 万美元,相当于该公司用于研究开发 CPM 法所化费用的 5 倍。实践证明这种方法作为计划管理的工具十分有效,一经问世就立即得到建筑行业的重视。

在 CPM 法出现的同时,1958 年美国海军特种计划局在研制“北极星”导弹核潜艇过程中,在汉密尔顿公司及洛克菲勒公司的协助下首次提出了控制进度的先进方法——计划评审法,使整个工期比计划提前两年完成。为期十年的“阿波罗”载人登月计划,应用 CPM, PERT 方法进行组织与管理,取得了圆满成功。

CPM 法与 PERT 法两者虽名称不同,但主要概念、基本原理都是相同的。它们都是采用网络图的形式来表达一个系统工程项目的计划模式。所反映的都是一个工程项目系统

中各道作业在整个生产过程中的先后顺序和组合制约关系。并且从这种网络关系中找出关键路线和关键作业。通过对网络的优化和调整,不断地改善网络的结构与组合,以取得一个经济效果最好或生产周期最短的计划。

CPM 与 PERT 的主要差异是: CPM 的工序时间是以经验数据为基础确定的,是用单一作业时间计算的网络计划。因为它完成的时间是肯定的,我们就称之为肯定型网络计划。而 PERT 既可按经验数据来确定加工时间,也可以按“三点估计法”(后文详述)来确定作业时间。由三点估计法计算的网路计划,它完成的时间具有一定的离散程度和概率分布,因此就称之为随机型网络计划。其次 PERT 着重考虑时间因素,因此主要用于控制进度;而 CPM 则兼顾时间和费用两大因素。

CPM 与 PERT 这两种方法虽各有特点,但它们相互渗透,已经没有必要把它们区别开来,因此现在国内外学者常将这两种方法熔于一体,统称为“网络计划技术”或“PERT/CPM 管理技术”。

网络计划技术一经出现,很快在世界上广泛传播和应用,并且取得显著的经济效益,据国外统计资料报道,网络计划应用于工程项目,平均缩短工期 20%,节约资金 10%,而这样的效益是在不增加人力、设备和资金的情况下取得的。

在我国早在六十年代初,著名数学家华罗庚教授就开始在全国宣传和推广这种技术,并称之为“统筹方法”以取其“统筹安排”之意,并出版了《统筹方法》一书。近年来随着我国管理科学的迅速发展,网络计划技术在科技、生产、施工、军事等各个领域内得到了广泛的应用。著名的天津

“引滦入津工程”由于引用了网络计划技术，结果使原定1985年通水的计划提前到1983年9月完成。

第二节 网络计划技术的内容、特点及应用范围

1. 网络计划的内容

网络计划技术是安排工程项目、产品生产、科学研究等工作进度计划的科学方法。最初是以缩短加工周期作为目标来考虑的，称为“时间-网络计划技术”。其网络的优化与调整都是着眼于缩短关键路线的时间，加快工程进度。随后发展到把人力资源因素考虑进去，于是产生了“人力-时间网络计划技术”。其网络的优化与调整着眼于人力资源的充分利用与合理缩短网络时间。后来，进一步发展到把成本费用也结合到网络中去，就产生了“时间-费用网络计划技术”。这时，它着眼于在要求的生产周期内用最低的成本来完成计划项目。

因此，“网络计划技术”为管理者提供了两方面的任务，一是向关键路线要时间，以缩短工期。二是向非关键路线要资源，以节约费用。也就是要充分利用非关键路线的人力、物力、资源来支援关键路线。这样，管理者可以对每一个工程项目中各道工序都能做到既快又省地完成计划。

2. 网络计划技术有如下几个特点：

(1) 系统性 —— 网络计划技术把每一个工程项目作为一个整体系统来合理安排，其中各道工序或任务的安排使整体系统达到最佳的时间、资源与费用组合。

(2) 关键性——网络计划技术能从许多项工序中找出其中对整体计划进度有关键性影响的工序，并能找出有无多余资源，对计划的关键因素进行协调与平衡。

(3) 灵活性——网络计划技术在实施过程中可以根据实际发生的变化进行灵活调整，以使整体计划始终处于有效的组织协调与控制之中。

(4) 经济性——网络计划技术能把计划进度与经济效益结合起来考虑，用最节约的费用来加快进度，完成计划。

(5) 选择性——运用网络计划技术可以对同一工程项目安排几个不同的计划方案，由管理者根据不同的要求从中选择一个合适的计划方案。

这些特点将在以下几章中阐述与表达。

3. 网络计划技术的应用范围很广，大多用于一次性的工程项目的安排和工作活动计划的制定。也可用作多次性项目的计划标准化与程序化。大体上有：

(1) 基本建筑投资项目计划——如新厂筹建计划、开发区建设计划、大型宾馆或商业中心建设计划、住宅区建设计划、水库与电站基建计划等。

(2) 新产品研制开发项目计划——如从编制新产品任务书到小批样品鉴定为止的各个环节的进度计划。油田和矿山开发计划等。

(3) 产品的生产技术准备计划——如单件大型产品目、轮船的安装工程、锅炉的制造工程以及成批生产的项标准化作业计划等。

(4) 厂房与设备修理项目计划——如厂房翻修项目，变电站、锅炉及设备大修项目，公共设施改造项目等。

(5) 技术改造项目计划——如化工、纺织、冶金、机电企

业的成套设备的技术更新与改造项目以及产品装配线上部分新工艺或新技术装备的改造项目等。

(6) 其他项目 —— 如工业普查计划、市场调查计划、会计与统计年报工作计划、旅游活动计划、市内公共交通网络、航空与铁路运输网络以及个人和集体的活动计划等。

050986

第二章 网 络 图

网络图又称统筹图，它是网络计划技术的基础。它是为了完成某个预期工程项目，而对该项目中各道作业之间的相互关系和先后顺序建立起来的整个计划图型。今将网络图的结构与绘制方法，作业时间与关键路线的计算等分述如下：

第一节 网络图结构

1. 网络图的构成要素及符号

网络图是由作业，结点和路线三个部分组成。这三部分便是构成网络图的三要素。

(1) 作业

作业是泛指一项需要消耗人力、物力和时间的具体活动过程。任何一项任务，诸如研制一个新产品，建造一座大楼等，从任务的开始到完成，在全过程中都包含着一系列相互关联的，消耗人力、物力和时间的活动。这些活动可以是某项作业、某个工序，也可以是某项任务。为方便起见均称为作业。有些作业如水泥浇灌后的保养，油漆后的干燥以及生产中的待料等，它虽不再消耗资源，但仍要消耗一定的时间，这样的过程在网络图中也称为作业。

在网络图中，作业用箭线 $\overset{A}{\longrightarrow}_t$ 表示。箭尾表示作业的开

始，箭头表示作业的结束。箭线的方向表示对下一道作业的“紧前关系”（所谓“紧前关系”是指这一道作业必须在下一道作业之前完成）是作业前进的方向，箭线的上标 A 表示作业的名称或作业代号，下标 t 表示作业的时间。在实际工作中，有些作业不需消耗资源和时间而只表示上一道作业对下一道作业的“紧前关系”。这种作业称为虚作业，用虚箭线 $\cdots\rightarrow$ 表示。

（2）结点

结点表示某个作业的开始或结束。在网络图中结点用圆圈“②”来表示。结点把有关的几项作业衔接起来，起着承前启后的作用。任一网络图中除了总开始结点（称网络始点）和总结点（称网络终点）外，任一结点均具有双重性：它是先行作业的结束，又是后续作业的开始。图（2-1）中结点

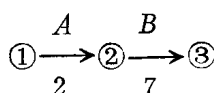


图 2-1

①表示作业 A 的开始，结点③表示作业 B 的结束，而结点②既表示作业 A 的结束，又表示作业 B 的开始。我们把作业 A 称为作业 B 的“先行作业”，把 B 称为 A 的“后续作业”。

（3）路线

路线是指在网络图中从始点开始，顺着箭头所指的方向，连续不断地到达终点为止的一条通道。路线中各项作业所需时间之和称为“路长”。一个网络图中有很多条路线，每条路线的路长不一定一样，其中路长最长的一条路线称为“关键路线”。我们用双箭线“ $\Rightarrow$ ”表示关键路线，在关键路线上的作业称为关键作业，相应的结点称为关键结点。

例2.1 某人从起床到上班需要完成 A(起床 1 分钟), B(穿衣 5 分钟), C(叠被 2 分钟), D(洗脸刷牙 4 分钟), E(洗锅 2 分钟), F(热早点 7 分钟), G(吃早点 8 分钟), I(整理提包 2 分钟), H(骑车上班 20 分钟)等作业。上班时间是上午 8 点半, 试用网络图来安排计划。

〔解〕 安排计划的网络图如图(2-2)所示。

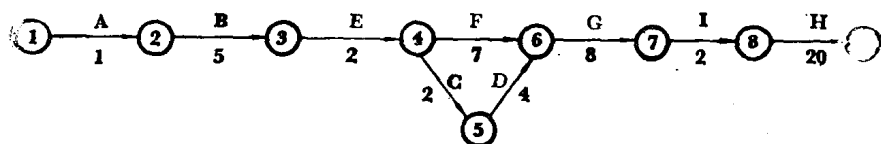


图 2-2

由于 F(热早点时)人有空闲, 故可把 C(叠被)和 D(洗刷)放在同时间内进行, 以缩短作业时间。因而关键路线如图 2-3³

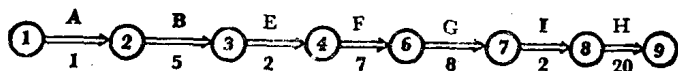


图 2-3

所示。总作业时间(路长)为 45 分钟。因此某人最迟 7 点 45 分起床, 才能准时上班。

2. 网络图的绘制规则

绘制网络图必须遵循以下基本规则:

(1) 网络图最左结点表示工程项目开始, 最右结点表示工程项目结束。从左到右表示作业的先后次序, 不允许出现循环回路(即从一个结点出发后沿着箭线又回到这个结点),

因为这在工艺顺序上是相互矛盾的。

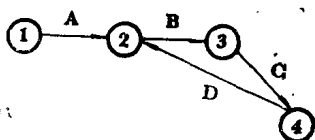


图 2-4 网络图中出现循环回路

(2) 网络图的箭线是有方向的，任一箭线的首尾必须有结点，不允许从一条箭线中间引出另一条箭线来，如图 (2-5)。如果 B 作业工作到某个阶段就需要 C 作业开始进行，则应把 B 作业分解成两个阶段，图 (2-6)。

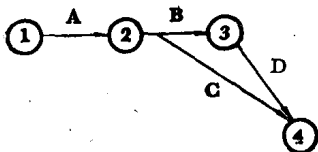


图 2-5 (错误画法)

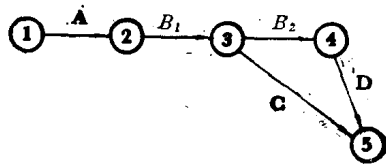


图 2-6 (正确画法)

(3) 网络图中只能有一个网络始点和一个网络终点。不允许有一个以上的网络始点和网络终点。因此图 (2-7) 的画法是错误，因为它有两个网络始点②与③又有两个网络终点⑤与⑥。正确画法要引进虚箭线如图 (2-8) 所示。

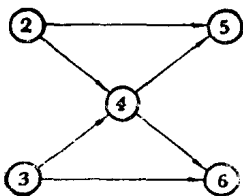


图 2-7 (错误画法)

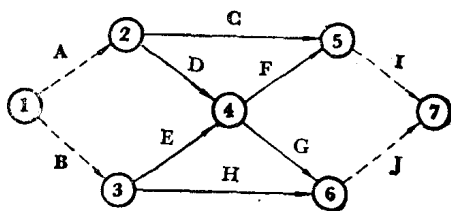


图 2-8 (正确画法)

3. 虚箭线的用法

虚箭线表示一项虚设的作业项目，其所需的工作时间为零。其主要目的是用于表达某个作业与其紧前作业的关系，并不是真有此项作业，故用“虚”箭线表示。其主要用途为：

(1) 表示某个作业与其紧前作业的关系。如在图 (2-9)

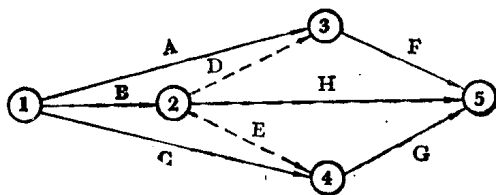


图 2-9

中虚箭线②→③，②→④表示作业 *F* 与 *G* 的紧前关系：*F* 作业需待 *A* 与 *B* 两项作业完成后才能开始；*G* 作业要待 *B* 与 *C* 两项作业完成后才能开始。

(2) 表示整个计划的完整性

如图 (2-8) 中，*A*、*B*、*I*、*J* 都是虚作业，用于表示整个计划的完整性，即计划的开始与终结。

(3) 表示平行作业或交叉作业

图 (2-10) 中作业 *B*₁、*B*₂、*B*₃ 是三项平行作业，我们引进的虚箭线③→④，⑤→④表示作业 *C* 与平行作业 *B*₁、*B*₂、*B*₃ 之间的关系，即表示当 *B*₁、*B*₂、*B*₃ 三项作业全部完成后，作业 *C* 才能开始。

4. 绘图技巧

上述绘图规则是保证网络图正确性的前提。为了使图面

布局合理，重点突出，条理清楚，还须讲究绘图技巧。

(1) 一般先画草图，然后加工整理。为了突出重点，尽

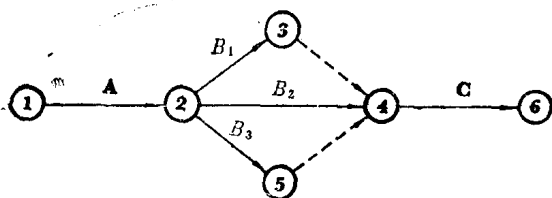


图 2-10

可能将网络图中的关键线路放在图的中心位置。图 (2-11)

(a) 虽然逻辑上是正确的，但网络图显得零乱，经整理后的图 (2-11)(b) 就显得条理清楚，层次分明。

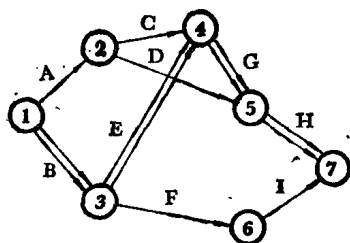


图 2-11 (a) 未整理前

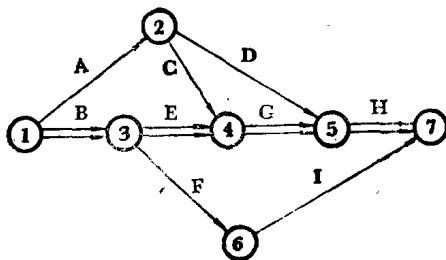
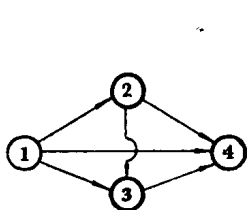
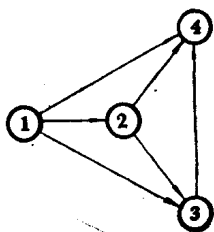


图 2-11 (b) 整理后

(2) 在绘图中应尽量避免或减少箭线的交叉, 无法避免时可采用“暗桥”的办法来解决图(2-12)。



(a) 暗桥法



(b) 合理安排后可避免交叉

图 2-12

(3) 网络图中各个结点的编号, 从理论上讲只要不重复就可以了。但为了便于管理和计算, 图中的结点要统一编号。编号的原则是从左向右, 不准重复。箭尾的编号应小于箭头的编号, 即①——②时, $i < j$ 。具体编号时可采取水平编号法, 即从始点开始, 自左向右, 由上到下逐行编号 如图(2-13)所示。亦可采取垂直编号法, 从始点开始自左向右, 每列则自上而下(或自下而上)逐一进行编号, 如图(2-14)所示。

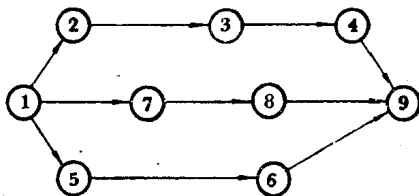


图 2-13

(4) 在初步的网络图中箭线长短与作业时间长短可以无