

网络计划技术

王众托 张 军 等编著

辽宁人民出版社

一九八四年·沈阳

网 络 计 划 技 术
Wangluo Jihua Jishu
王众托 张 军 等编著

辽宁人民出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳市南京街6段1里2号) 大连印刷一厂印刷

字数: 223,000 开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $10 \frac{1}{4}$
印数: 1—40,000

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

责任编辑: 魏若燕 张胜彬 责任校对: 陈文本
封面设计: 师 安

统一书号: 4090 126 定价: 0.98元

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 什么是网络计划技术	1
第二节 网络计划技术的产生和发展	4
第三节 网络计划技术的基本内容	8
第二章 关键路线法 (CPM)	12
第一节 网络图的基本内容	12
(一) 网络图的组成	13
(二) 网络图的种类	16
第二节 网络图的绘制	24
(一) 网络图的作图方法	24
(二) 绘制网络图的基本原则	26
第三节 网络图的计算	30
(一) 事项的时间计算	31
(二) 工序的时间计算	33
(三) 时差与关键路线	35
第四节 网络参数的计算方法	38
(一) 图算法	38
(二) 表算法	44
(三) 矩阵法	48
(四) 电算法	54
第三章 网络计划的编制与优化	65
第一节 网络计划的编制	65
(一) CPM 所需资料的汇编方法	65
(二) 工程分解的详细程度	67

(三) 编制工序逻辑关系明细表	69
(四) 绘制网络计划图	71
(五) 工程网络图编号	73
第二节 网络计划的优化	74
(一) 网络计划优化的概要	74
(二) 资源有限, 工期最短	76
(三) 工期规定, 资源均衡	84
(四) 工期缩短, 成本最低	89
第三节 网络计划的调整	93
(一) 静态调整	93
(二) 工程进展情况	94
(三) 动态调整	95
第四章 关键路线法的应用实例	101
第一节 CPM 应用于设备检修	101
第二节 CPM 应用于新产品试制及新 建工程	109
第三节 CPM 应用于开发性的研究项目	117
第四节 CPM 应用于会计核算	121
第五节 CPM 应用于单件小批生产	122
第六节 CPM 应用于技术改造	128
第七节 CPM 应用于基本建设工程	129
第五章 计划评审法 (PERT) 及其应用	139
第一节 计划评审法的基本内容	139
第二节 计划评审法的应用实例	145
第三节 利用模糊数学方法处理时间不 肯定问题	150
第六章 组合网络法 (CNT) 及其应用	156

第一节 组合网络法的基本内容	156
(一) 从普通网络图到组合网络图	156
(二) 组合网络法的基本原理	158
第二节 组合网络计划的编制过程	163
(一) 工艺网络计划的编制	163
(二) 生产网络计划的编制	166
第三节 按最短时间规则确定施工顺序	170
(一) 最短操作时间规则的概念	170
(二) 施工顺序的优选过程	174
(三) 累计间断时间的计算	178
(四) 按“MOT规则”选择最优生产顺序	179
(五) 组合网络计划的编制	183
第四节 组合网络法的应用实例	183
第七章 决策关键路线法(DCPM)及其应用	191
第一节 决策关键路线法的基本内容	191
(一) 问题的提出	191
(二) 决策网络图的构成	192
(三) 决策网络图中时间参数的计算	193
(四) 决策关键路线法适用的场合	195
第二节 决策关键路线法的基本解法	197
(一) 试探法	197
(二) 其他方法介绍	206
第三节 在不确定情况下运用决策关 键路线法	210
(一) 出现不确定情况	210
(二) 不确定情况发生的概率与 成本的关系	211

第四节 决策关键路线法应用实例	214
第八章 图解评审法(GERT)及其应用	218
第一节 图解评审法的基本原理	213
(一) 从 CPM、PERT 网络到 GERT 网络	218
(二) GERT 网络节点的特征与符号	221
(三) 仿真图解评审法 (GERTS)	221
(四) 图解评审法解决问题的步骤	224
第二节 图解评审法的基本解法	225
(一) GERT 网络的计算与分析	228
(二) 计算机模拟解法	229
(三) 用等效函数法计算 GERT 网络	233
第三节 排队图解评审法 (Q—GERT)	239
(一) 图解评审法的发展	239
(二) Q—GERT 网络的基本原理	241
(三) Q—GERT 网络几个具体问题 的处理	243
(四) Q—GERT 网络的计算分析	245
第九章 网络计划技术的应用与前景	251
第一节 网络计划实施中应注意的几个 问题	251
(一) 计划与日程计划	251
(二) 网络计划法的日程管理系统	252
(三) 实施注意事项	253
第二节 网络计划计算机程序系统	256
(一) NETTEM 的特点和功能	256
(二) NETTEM 程序系统的信息流程	

图和系统程序总框图	257
(三) 系统文件建立过程	257
(四) NETTEM 程序系统的使用方法	265
第三节 网络计划技术的发展前景	269
〔附录〕	
(一) CPM 电算程序	271
(二) DCPM 电算程序	283
(三) GERT 电算程序	292
(四) CNT 电算程序	297

第一章 绪 论

第一节 什么是网络计划技术

我们在社会主义建设的过程中，无论是进行工业生产、农业生产，还是进行国防建设，安排科学研究工作都需要制订计划，在组织社会生活、家庭生活甚至个人的活动过程中，也免不了要事先进行筹划。计划的内容包括要达到什么目的，采取什么行动，什么时候开始，什么时候结束，先做什么，后做什么，等等。这里面很重要的一部分是把整个任务（行动）分解成一些基本的活动（工序），确定它们的先后关系，并且按时间来安排起止日期。由于各项活动之间存在着相互联系、相互制约的关系，所以组织安排得恰当与否，关系到任务完成的时间和耗费的劳动与资源多少问题。对于简单的工作，可以凭经验进行组织安排，但对于现代化的工业生产、农业生产、建设工程、军事行动、科学研究来说，活动项目繁多，关系错综复杂，参加的单位与人员很多，单凭经验安排是无法使各个环节紧密连接、相互协同配合的。

现代化工业生产是由成千上万个劳动者使用各种复杂的技术装备来完成的。生产过程十分复杂，劳动分工十分精细，协作关系十分严密。在这种情况下进行生产，必须要有科学的组织和严密的计划，按照生产规律办事，对生产上出现的

不平衡情况，要及时通过信息进行周密预测、调整和处理，才能保证生产的连续进行和充分有效地利用现有人力、物力、财力，以取得最好的经济效益。

但是，在日常生产中，各个生产环节之间常常会发生不协调的情况，造成人力、物力、财力的浪费，从而影响整个生产任务的完成。如果我们在生产组织工作上进行综合平衡、统筹安排，就可以避免产生各种不协调的现象。网络计划技术就是解决这方面问题的一种科学管理方法。

网络计划技术的基本原理是：首先，应用网络形式来表达一项计划（工程）中各种工作（任务、活动、工序）的先后顺序和相互关系；其次，通过计算找出计划中的关键工作和关键路线；接着，通过不断改善网络计划，选择最优方案，并付诸实践；最后，在计划的执行过程中，进行有效的控制与监督，保证最合理地使用人力、物力和财力，多快好省地完成任任务。

由于网络图突出了主要矛盾，明确了相互配合的关系，因而使各方面围绕主要矛盾线紧密配合地工作，克服忙乱、窝工现象，使工程有计划、有步骤地进行。网络计划法能使工程“计划分明，重点突出，心中有数，配合紧密”，是适应现代化建设需要的一种科学管理方法。自五十年代以来，网络计划技术引起了世界各国的重视，在工业、农业、国防和复杂的科学研究等计划管理中，都得到广泛的应用。

实践证明，网络计划方法有如下几个特点：

（1）它能够形象地把整个计划用一个网络图形式表示出来，网络中的单元对应于基本的活动或工序。

（2）从网络图上一下子就可以看出各个工序的先后顺序与制约关系。网络计划的编制过程是深入调查研究，对工

程对象进行认真分析综合的过程，它有利于克服计划编制工作中的主观盲目性。

(3) 经过计算可以确定出自始至终对完成期限有关键性影响的工序（即关键工序），每个工序的提前或推迟对总工期有无影响，影响多大；通过利用非关键工序的时差，可以更好地调动人力、物力，即“向关键工序要时间，向非关键工序要资源”。

(4) 网络计划的优劣容易比较，容易沟通上下的意图和思想，经过多个网络图的编制与比较，便于从多种可能方案中选择最优方案付诸实践。

(5) 在执行过程中，可根据各工序实际完成情况加以调整，保证自始至终对计划进行有效的控制与监督，使总计划如期或提前完成。

(6) 可与成本、资源一并加以统筹安排，它适用于各类大小工程项目，可以用电子计算机计算，也可以用手工计算，对于大型工程的复杂网络，用电子计算机进行计算、优化和调整，经济效果更加显著，这是传统的横道图不能比拟的。

采用网络计划的管理效率也很显著，因为真正关键的工序通常比工序总数的10%还少，很难超过15%。当然在非关键工序上有了疏忽，并且超过了这个工序所能有的机动时间，这时也会影响整个计划。

为了反映实际情况，计划必须是可变动的，在这一点上网络图比起诸如“横道图”这些老的计划工具来，是一项更为有效的工具，因为及时修改相对地是简单的。用网络计划法仅仅需要修改原来的计划表的10%左右，而采用传统方法的管理来及时修改所需作的工作几乎与订原来的计划一样。

提高了计划管理工作预见性，能及早发现组织管理工作中的问题，防患于未然。同时也使计划工作更加科学严密，特别是对大型复杂任务，能迅速理出头绪，分清主次，抓住关键，寻求最优的组织实施方案，使资源得到合理的应用，从而大幅度地提高劳动生产率、设备和资金利用率。

计划管理语言严格，工作要求明确，责任分明，有利于贯彻各级岗位责任制，迅速提高工作效率和工作质量，能更好地发扬民主，集思广益和贯彻群众路线。同时还能使全体人员了解任务的全局，领会总的部署要求，便于统一思想、统一步调，大力协同地促进总任务的圆满完成。

由此可见，网络计划技术是推动计划管理工作向现代化和科学化迈进的重要手段。其所以有如此大的作用，主要有以下几点原因：

第一，对任务的计划管理建立了数学模型——网络图；

第二，进行模拟试验，使计划工作有预见性和科学性；

第三，实行反馈，能迅速了解情况，使工作中的偏差或变化及时得到调整；

第四，寻求最优化，对按不同技术、不同人财物资源、不同进度编制的各种计划实施方案加以比较，择优选用。

第二节 网络计划技术的产生和发展

长期以来，在安排生产和施工进度计划时，都习惯于采用横道图（即工程进度表），如图 1—1 所示。在一张图上沿横轴表示时间的进程，每个活动（工序）用一条横道来表示，工序前后，工期长短看起来一目了然，这种方法是美国

人亨利·甘特于第一次世界大战期间设计的，所以也叫做甘特图，直到现在还在被广泛应用。

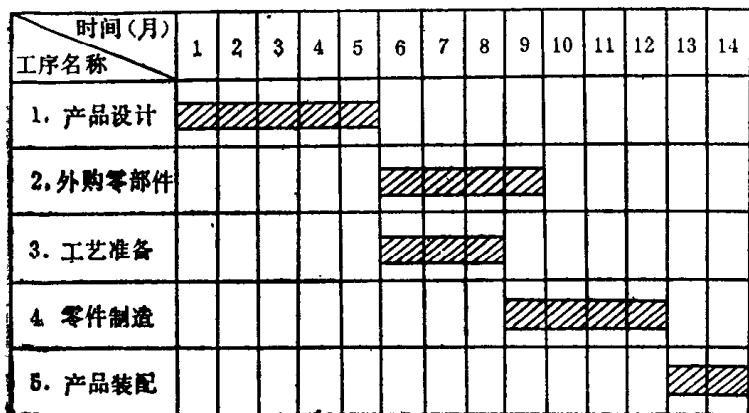


图 1—1

横道图最大的特点是“简单明了，容易理解，容易绘制，容易应用。”

但是这种图表也存在不少缺点：各个活动（工序）之间的相互依赖关系、相互制约关系不能一览无遗地看出来，因而对某项活动（工序）的提前和推迟所造成的影响无法直接看出；从时间进度上说来哪些是关键工序、哪些是非关键工序，图上是不能标出的；不同的安排方案无法比较其优劣程度；一个项目如果包括几百甚至上千个工序，用横道图很难表示出来；如果施工条件变化，必须重新绘制横道图，否则就会失去指导作用；无法用电子计算机进行计算等等。因此横道图只适用于小而简单的工作计划，它对规划和控制大而复杂系统的工作计划是有困难的。

五十年代以来，由于生产社会化达到一个新的水平，由于国际市场的扩大，以及技术革新进展迅速，因而引起了计

划管理与方法上的变革。许多工业发达国家,为了适应现代化生产发展,为了组织生产和科学研究的需要,进行了大量的调查研究工作,先后发明并采用了一些新的科学管理方法,其中一类以网络图形式表示的计划管理方法,通常被称为网络计划技术。

图 1—1 横道图画成网络图,如图 1—2 所示,它能够反映出整个生产过程的全貌,也能反映出各工序之间的逻辑关系,便于抓住主要矛盾,进行调整和控制。

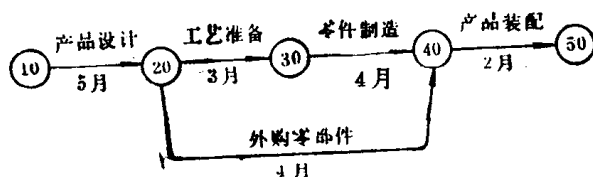


图 1—2

这类方法最早在美国以关键路线法(简称 CPM)命名,于 1956 年研究出来,于 1957 年开始应用于一个新化工厂的建设计划中,以后又应用于生产设备的维修,获得良好的效果。

五十年代后期,美国海军武器规划局特别规划室,感到各种管理工具不能适应现代科学发展的需要,特别是在开发宇宙空间中,急须寻找一种新的科学的管理方法。经各方面探讨和研究,终于在 1958 年提出了计划评审技术这一新方法,即 PERT。美国海军应用了这种方法,在发展与建造北极星导弹潜艇计划时,获得巨大成功。当时承包与转包该项工程的厂商达一万多家,把这一万多家厂商组织起来进行协调工作,有条不紊地如期完成计划,确是一项十分细致、复杂的工作,非一般计划方法所能完成。但采用了计划评审法后,不但有效地进行了计划控制,而且还提前了两年完成任

务。这一成就引起了各方面的重视，将它陆续应用到其他各行各业，取得了显著成效。后来又采用这种方法组织“阿波罗”载人登月计划获得成功。美国政府还规定，从1962年起一切新开发的工程项目全面采用这种方法，因此它成为美国当时十分盛行的一种计划管理新方法。

尽管 PERT 和 CPM 是彼此互相独立和先后发展起来的两种方法，在具体步骤与术语上虽有所不同，但它们的基本原理是一致的，基本上具有相同的特点，实质上是一回事，但它们之间仍有某些区别。CPM 是以经验数据为基础来确定工序时间的，而 PERT 则在没有经验数据可循时，一般是根据三种估计时间来确定工序时间的。因此，有人把 CPM 称为肯定型网络计划法，把 PERT 称为非肯定型网络计划法。后来又在这些方法的基础上发展了概率型网络计划法，即图解评审法（简称 GERT）、决策关键路线法（简称 DCPM）、组合网络计划法（简称 CNT）等等，形成了一大类网络计划管理的现代化方法。

美国在1970年已有约80%的建筑企业使用 CPM 方法。苏联政府从1964年开始就颁布了一系列有关制订和应用网络计划的指示、基本条例等法令性文件，并且规定所有大的工程项目都必须采用网络计划方法，并且一直把网络计划作为一项必须推广应用的新技术正式列入国民经济计划之中。这种方法在英国、法国、西德、瑞士、加拿大和日本等国家的许多工程中都得到了检验，并获得了各方面良好的评价。

我国早在六十年代初期，由于钱学森教授的倡导，在国防科研项目中开始使用网络计划方法。华罗庚教授结合我国推行的实际条件，以“统筹方法”为名在全国范围内进行宣

传推广，取得了很大进展。近年来由于管理现代化的发展，这类方法在更广阔的范围内得到应用。大至长远规划中大型工程的开发顺序，小到某一具体计划的落实，从工业生产、基本建设到科研管理、军事训练，都使用这类方法。有的单位已把网络计划作为上报计划的必要组成部分。

第三节 网络计划技术的基本内容

网络计划技术通过网络图的表示方式，可以准确地表述各个工序间的独立性和从属性，因而能够得到最易处理的总计划。这一点也正反映出网络图的真正优点。网络图是因其形状如网络而得名，这种图解模型，是从某项工程或某项计划整体的、系统的观点出发，全面地统筹安排人、财、物，并考虑各项工序之间相互依存的内在逻辑关系而绘制的。因此，研究和应用网络计划技术，必须从网络图开始。网络计划是整个计划的图解模型，要分析各个工序在网络计划中的地位。

CPM 最早是以工期为重点来考虑的，着重研究工作效率上多与快的关系。因为关键路线决定着整个工程或计划的进度，在关键路线上的作业的迟缓或提前，将决定整个工程的延缓或提前。要想缩短某一工程或某一计划任务的生产周期，就必须千方百计缩短关键路线上的作业时间。工厂企业管理人员要保证任务如期完成，首先要促使关键路线上的各道工序如期完成，并且要及时全面地检查关键路线上的各道工序的工期是否还有压缩的余地，如有可能压缩，应立即设法加以利用，以缩短生产周期。缩短工时，还意味着降低成本，把好与省结合起来考虑与研究。

向非关键路线要资源（人力、物力等），是应用网络计划技术达到最优化的主要办法，企业管理人员除了抓关键路线上的各道工序，保证完成任务外，还必须抓非关键路线上各工序的机动时间（即机动力量），向非关键路线要资源。人们可以从非关键工序调出一部分人力资源来支援关键路线以保证任务的如期或提前完成。

组合网络法 CNT 是在关键路线法 CPM 的基础上发展起来的，它不仅考虑了工艺上的顺序，而且考虑了在具体实施过程中人力、物力条件的影响，根据当时的人力、物力条件编制出生产网络，从各种不同的生产网络中选取最优方案，然后和工艺网络相结合，编制出组合网络图，供车间具体实施使用，这样就能保证总的施工周期最短，经济效益最佳。

由于 CPM 和 PERT 网络图只考虑了完成任务的一种方案，如果要考虑几种不同的方案，就得画几个不同的网络图进行比较。往往这些网络图的结构可能大部分相同，只是局部位置有所不同。尤其当问题规模增大而复杂时，绘制网络图的工作量就更大了。而且要进行比较时，往往不能一目了然抓住要害。为了克服这种局限性，后来发展了一种决策关键路法。它可将多种完成任务的方法，在同一个网络图中进行比较决策。因此，DCPM 与 CPM 相比，它可以供领导进行多种方案比较时决策。这样就能更加符合客观实际情况，同时也能不断适应多变的复杂情况。但 DCPM 也不同于 GERT，GERT 不能得出确切的结论，只能得出完成任务的可能性，即概率的大小，但 DCPM 能得出比较确切的结论。因此 DCPM 非常适合领导在多种方案比较中进行决策，它更能体现出领导的管理水平。

由于过去缺少电子计算机这种手段，完全靠人力编排，不能充分发挥网络计划技术的优点，所以推广工作还进展得不够理想，效果不够显著。近年来情况有所改善，有关大专院校、研究所、工业企业等均先后研制了一些有关电算程序，很多工作都可以借助电子计算机来完成。尤其目前大力普及微型计算机的应用，为这项新的科学管理技术在各行各业中得到迅速的推广创造了条件。

应用网络计划方法的一般步骤是：

(1) 确定目标，进行计划的准备工作；任务分解，列出全部工序逻辑关系明细表；确定各个工序的持续时间（工期），先后顺序和相互关系，并绘制网络草图。

(2) 通过手算(图算法、表算法、矩阵法)或电算，计算各个工序的最早开始、最早结束、最迟开始、最迟结束的时间以及总时差和局部时差，并判别出关键工序和关键路线。

(3) 在满足既定的要求下，按某一衡量指标（时间、成本、资源等）寻求最优方案，保证在计划规定的时间内用最少的人力、物力和财力完成任务；或在人力、物力和财力限制的条件下，用最短的时间完成计划。

(4) 在计划执行过程中，不断收集、传送、加工、分析信息，使决策者可能实现最优抉择，及时对计划进行必要的调整。

在实际工作中应用网络计划技术的步骤，如图 1—3 所示。总之，这种方法通过建立网络模型，并利用网络模型和电子计算机进行模拟、预测、优化和调整，把系统工程的方法和工具应用到计划管理领域中来，从根本上改变了以往编制计划缺乏严格科学方法的状况。

由此可见，网络计划方法原理简明，使用方便，很容易