

徐永文 赵恒永 编著

实用 网络 计划 技术

影

中国石化出版社

前 言

近几年来，石油化工系统、化工系统在基建安装和设备检修、改造工程中应用网络计划技术取得了明显的效果，积累了很多好经验。为进一步提高网络计划技术的应用水平，促进企业管理现代化的发展，在系统研究的基础上，我们编写了《实用网络计划技术》一书。在本书问世的时候，特别要感谢中国石油化工总公司原企管部企管处所给与的支持。本书第三章的应用实例都来自于该处所提供的原始资料，至此，还要感谢一些企业的有关人员。化工部第六设计院工程部肖德生高级工程师在本书编写大纲形成时给予了很大关心，并提供了很多背景资料和实例资料，在此特表感谢。

本书由徐永文、赵恒永编写，完稿后，由徐永文总纂，并由冯洵武、肖德生主审。

本书既可作为工业企业各级管理人员的读物，又可作为高等院校管理工程专业、各级管理干部学院管理干部培训班的专题教材。

由于作者水平所限，不妥之处在所难免，敬请读者指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 网络计划技术简介.....	1
第二节 网络计划技术的产生和发展.....	4
第三节 网络计划技术在我国的应用.....	9
第二章 双代号网络计划技术	11
第一节 网络图的绘制.....	11
第二节 网络图时间参数的计算.....	31
第三节 网络计划的优化与调整.....	59
第三章 双代号网络计划应用实例	79
第一节 网络计划技术在装置型企业大检修中的应用.....	79
第二节 网络计划技术在基建安装工程中的应用.....	98
第四章 单代号网络计划技术	116
第一节 普通单代号网络计划.....	116
第二节 组合网络计划.....	130
第三节 搭接网络计划.....	141
第五章 与网络计划技术配套应用的管理方法	157
第一节 质量管理.....	157
第二节 安全管理.....	168
第三节 经济责任制.....	171
第六章 计算机辅助设计网络计划系统	173
第一节 计算机绘图基本知识.....	173
第二节 用计算机绘制网络图.....	175
第三节 用计算机进行时间参数的计算及网络计划的优化.....	205
第四节 软件系统介绍及实例.....	211
参考文献	223

第一章 绪 论

第一节 网络计划技术简介

一、引言

发展现代经济既要依靠科学和技术，又要依靠管理。在管理的职能中，第一位的职能就是计划，所以通常讲计划是管理的首要职能。实践证明，人类进行创造物质文明的生产活动，无论是进行工业生产、农业生产，以及为工业、农业、国防或人类利益服务的科研活动，为达到预期的目的，都需要制定周密的计划。没有事先的计划和安排，盲目地去干，任何事情都是不可能干好的。要进行计划就要有一套方法。对于给定的具体任务，采用的计划方法先进与否，在某种程度上会关系到任务的完成时间和耗费的劳动与资源多少等问题。采用的计划方法、手段先进，会使任务中的各项工作衔接有序、配合有力、协调自然，最终在节省时间、资源、费用的前提下完成任务。

在人类进行的生产实践活动中，有一类是一次性的或近似一次性的，如基建安装工程、工厂大修工程、新产品的研制、开发工程，以及科研攻关工作等。上述这些工程任务的共同特点是：完成整个任务的活动过程十分复杂，需要参加的人员较多且有精细的分工，因而对协作配合的要求十分严格；工作的环节较多，一环脱节，对其它环节就会产生影响，最终导致对整个任务产生影响；对组织管理者来讲，需

要统筹兼顾、全面协调、有效控制，既要抓住重点，又要照顾一般。基于上述情况，到目前为止，最适合的计划方法莫过于网络计划技术。

二、网络计划技术的基本原理

网络计划技术的基本原理是：首先，应用具有网状形象的网络图的形式来表达工程任务计划中各种工作（活动、工序）的先后顺序和相互关系；其次，通过按一定规则的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，选择满足管理目标要求的优化方案，并付诸实施；最后，在计划执行过程中，进行有效的控制与监督，保证最合理的使用人力、物力和财力，多快好省地完成任务。

由于反映计划安排的网络图突出了关键工作，明确了工作之间协调配合的关系，是管理者组织、指挥工程任务按计划，有步骤进行的有力工具，自50年代以来已引起了世界各国的普遍重视，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。

三、网络计划技术的特点

大量的应用实践，使人们逐步体会到网络计划技术有如下特点。

1. 它能够形象地把整个计划用一张网络图的形式表示出来，而图中的单元是构成整体任务的分项任务或基本的工序活动。

2. 从网络图上可以直观地看出工序与工序之间的先后顺序与制约依赖关系。

3. 经过计算可以找出自始至终对完成期限有关键性影响的工序活动，即关键工序；当某一工序活动提前或推迟完成时，能够预见到它对工程任务完工期的影响程度；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. 计划的优劣容易比较，容易沟通上下的意图和思想，经过多个方案的比较分析，便于选出最佳实施方案，使计划处于优化状态。

5. 在执行过程中，可根据外界条件的变化及各工序活动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，使整个工程任务按期或提前完成。

6. 可与成本、资源一并加以统筹安排，即可把控制进度与成本控制、合理利用资源综合起来考虑。

7. 可以容纳、结合其它有关现代管理方法和传统有效方法共同为提高工程效益服务。

8. 这种计划方法由于具有模型性，因此为电子计算机的使用提供了条件，从画图、计算、静态优化到动态调整都可由计算机完成，这样就大大地提高了计划的准确性、及时性。

9. 网络计划的编制过程是深入调查研究，对工程任务对象进行认真分析综合的过程，因此有利于克服计划编制工作中的主观盲目性。

10. 编制网络计划需要各种定额资料和统计资料，因此有利于推动使用单位加强基础工作的配套建设。

11. 计划的层次清晰，要求明确，责任分明，有利于贯彻各级岗位责任制，使工作效率充分发挥。同时还能使全体人员了解任务的全局，领会总的布署要求，这样就便于统一思想、统一步调，为着一个共同的目标去奋斗。

第二节 网络计划技术的产生和发展

一、从横道图到网络计划技术

长期以来，人们在安排生产与施工进度计划时，都习惯于采用横道图（或称横条图），如图1-1所示。

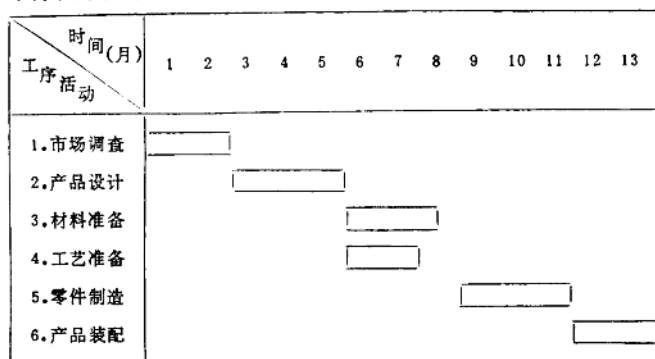


图 1-1

在图1-1中，每项工序活动的持续时间用一条横道来表示。这样，工序活动的起止，工期的长短及先后，一目了然。该方法是美国人亨利·甘特于第一次世界大战期间创造出来的，所以也称之为甘特图。横道图的最大特点是简单明了，容易理解，容易绘制，容易应用，所以至今还在大量使用。

但是这种图表存在着不足和局限性，如各项工序活动之间的相互依赖、相互制约关系不能一览无遗地列出，因而对某些工序活动的提前和推迟所造成的影响无法直接看出；从时间进度上看，哪些是关键工序，哪些是非关键工序，图上不易标出；不同的安排方案不易比较其优劣程度；一项工程任务如果包括的工序有几百道，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；无法用电子计算机计算等等。因此，一般说来，横道图只适用于小而简单的工作计划，用它对大而复杂的工程任务进行规划、协调和控制是有困难的。

正因为如此，自50年代以来，随着技术革新的进展和生产社会化程度的进一步提高，客观上要求应该有更先进、更科学的计划方法问世。

1956年，美国杜邦化学公司结合一个新厂的建设，提出了一种用结点、箭线图表示工程建设进度计划的“关键路线法”，即CPM。应用此种计划方法的结果，使该项工程比原计划缩短了两个月的时间。随后该公司又将此法用于制定维修计划，使原来需要125h才能完成的系统设备大修工程只用了78h就顺利完成，取得了显著的效果。

50年代后期，美国海军武器部门结合研制北极星导弹潜艇，提出了“计划评审术”这一计划方法，即PERT。通过应用这一方法，使研制北极星导弹潜艇获得圆满成功。当时参加承包与转包该项科研攻关任务的厂商达1万多家，把这1万多家厂商组织起来协调地进行工作，有条不紊地如期完成计划，确实是一项十分复杂、细致的工作，非一般计划方法所能完成。但采用了“计划评审术”后，不但有效地进行了计划控制，而且还提前两年完成了任务。这一成就，当时引起了各方面的重视。之后，人们将此法陆续应用到其它行业，包括应用到“阿波罗”载人登月计划，同样取得了显著的成效。美国政府于1962年规定一切新开发的工程项目都要采用该方法，因此在当时很快就成为十分盛行的一种计划管理新方法。

尽管“关键路线法”（CPM）和“计划评审术”（PER

T) 是彼此相互独立和先后发展起来的, 在具体步骤与术语上也有所不同, 但在基本原理、图形结构、确定关键路线的方法上都是一致的, 所不同的仅仅是在工序活动作业时间的确定方面。在CPM中, 对工序作业时间是以定额资料和经验数据资料为依据, 用肯定数值表示; 在PERT中, 工序活动的作业时间由于没有经验数据可循, 所以只能采用估计的方法。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。在后来的应用中, 很多都把二者结合起来, 统称为网络计划技术。

二、网络计划模式的扩展

在CPM和PERT作为网络计划的基本模式出现以后, 随着生产的发展, 结合工程实践, 又出现了多种网络计划的模式, 现选择几种作一简介。

(一) 组合网络法

是在CPM的基础上发展起来的一种方法。它不仅考虑了生产、施工中工艺要求上的顺序, 而且考虑了在具体实施过程中人力、物力条件的约束影响, 把工艺要求的工序顺序和同类工序的优化选择作业顺序结合起来, 使资源有限条件下工期最短。本书第四章第二节以单代号网络的形式对组合网络法的原理、计算进行了讨论。组合网络模式也可以双代号网络的形式出现。有关单代号网络和双代号网络的形式拟在后面说明。

(二) 搭接网络法

它也是在CPM的基础上发展起来的计划模式。在CPM中, 工序之间的关系只有一种单一的关系, 即前面的工序结束之后, 后继工序才能开始。搭接网络计划中, 工序之间可存在4种关系, 即开始到开始、结束到开始、开始到结束、

结束到结束。这4种关系反应了工序之间在搭接进行时的不同要求。组织搭接施工可使工期缩短。搭接网络计划适宜以单代号网络的形式来表达，因此在第四章中第三节以单代号网络的形式对搭接网络法进行了介绍。

（三）决策关键路线法（DCPM）

1. 概述

决策关键路线法是以CPM为基础增加了决策结点的网络计划模式。这样，图中的结点有两种，即普通结点和决策结点。由于引入了决策的概念和方法，在一张网络图上就可实现多个完成任务方案的比较。决策关键路线法既可以在事先进行决策，也可以在任务执行过程中随着情况的变化进行方案决策。

2. 适用的背景场合

如果提出某项任务的甲方与接受承包任务的乙方就任务的技术经济指标和完成日期达成协议后，甲方为了保证该项任务能按期完成，对乙方提出提前完成给与奖励，拖延工期给与罚款的要求，这时乙方面对着给定的罚款率和奖金率，必然要分析该任务的组成工序活动中，哪些工序活动是可以增加费用的办法来加快工期的，然后根据加快工期所花费的成本，在加快提前完成受奖、按期完成不奖不罚、拖后完成受罚三种情况中去选择。此种情况下，决策关键路线法就可成为乙方进行时间-成本决策的工具。在不存在甲、乙方的情况下，如果能计算出一项任务提前完成所带来的收益及拖后完成所造成的损失，也可使用决策关键路线法帮助决策。

3. 求解方法

采用决策关键路线法，当对网络图求解时，除了可使用

“试探法”外，对某些问题还可使用运筹学中的整数规划法、分枝界限法、动态规划法求解。使用“试探法”求解有时不能得到成本最小的解，但可得到满意的解。关于决策关键路线法的具体内容，本书未予介绍，有兴趣的读者可查阅其它有关专著。

（四）图解评审法（GERT）

图解评审法是一种概率型网络计划模型，含有多种形式的特点，相当于把几个PERT网络按其概率组合而成。GERT同CPM、PERT相比，不仅在图形结构方面，而且在解决问题的目标和计算方法方面都有很大不同。它是为了解决实际生产中的一些不确定性和具有独特的网络属性等问题而产生的。对图解评审法，本书未作介绍，有兴趣的读者可查阅有关书籍。

三、普通网络图的表达形式

在CPM和PERT中，其网络图形的表达形式有单代号网络图和双代号网络图两种。这两种形式的网络图都是由结点和箭线所组成，但结点和箭线所代表的内容含意是不同的。在单代号网络图中，用结点代表工序活动，箭线仅表示相连工序之间的先后顺序关系；而在双代号网络图中，用箭线代表工序活动，结点代表的是前后工序的一种衔接，它代表工序的开始和结束。此外，根据绘图需要，在双代号网络图中还引入了一种虚箭线（带箭头的虚线）。

普通单代号网络图的基本形式如图1-2所示，双代号网络图的形式如图1-3所示。

图1-2与图1-3表达的是同一个计划方案，图中的字母是工序名称代号，字母下面的数字是工序的作业时间。上述两种形式各有长处，不少建筑企业常采用单代号网络图，而在

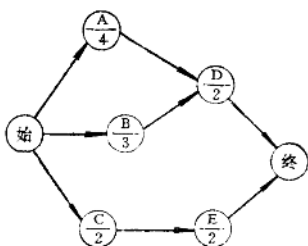


图 1-2

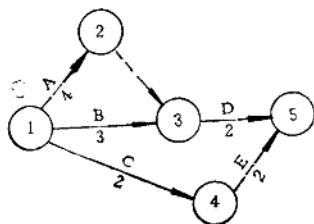


图 1-3

化工、石油化工的建筑安装工程及全厂停产大检修中常采用双代号网络图。

第三节 网络计划技术在我国的应用

早在60年代，我国就在国防科研项目和化工厂大检修中开始应用网络计划技术，并取得了可喜的成果。进入80年代，随着企业管理现代化的推进，网络计划技术作为现代管理方法之一，在建筑业、科研攻关项目、基建安装工程、工厂设备大修及单件小批大型复杂产品生产中受到普遍应用，出现了一批又一批的成果。在化工系统、石化系统的工厂停产大检修及基建安装工程中，应用网络计划技术更为广泛，所带来的效益是十分可观的。有的企业通过逐年的摸索，把网络计划技术和全面质量管理、成本控制、经济承包责任制、安全工程等管理方法、手段相结合用于工程项目，其效果更为显著。

总结过去，展望未来。当前在网络计划技术的应用方面仍面临着一个继续提高规范化、科学化水平的问题。首先要

加强企业的基础工作，加强原始资料的积累，大力开展动作研究和时间消耗研究，以使工序作业时间的确定与估计建立在更加可靠的基础上；其次在绘图、计算、优化、调整各个环节都力争使用计算机，特别是大型复杂的工程任务更应如此，这样还会创造出更多的效益。

第二章 双代号网络计划技术

第一节 网络图的绘制

一、组成网络图的元素

双代号网络图由结点、实箭线、虚箭线所组成。

(一) 结点

在普通网络图中，表示结点的符号是圆圈。结点也称为事项或事件。结点按其在网络图中的位置可分为最初开始结点、最终结束结点和中间结点。此外还有一种为解决箭线交叉问题而增置的交错结点。最初开始结点表示工程中第一项工序活动的开始及整个工程任务的开始；最终结束结点表示工程中末项工序活动的结束及整个工程任务的结束；中间结点表示前后两项工序活动的衔接，它既是前项工序活动的结束结点（完工事项），又是后项工序活动的开始结点（开工事项）。例如， $\textcircled{1} \xrightarrow{A} \textcircled{2} \xrightarrow{B} \textcircled{3}$ 中的结点②，既是工序活动A的结束结点，又是工序活动B的开始结点，工序活动A的结束结点与工序活动B的开始结点是重合的，工序活动A一结束，工序活动B就可以开始，所以在图中只用一个结点②表示。由于结点只表示工序活动的开始与结束，或表示前后两项工序活动的瞬间衔接，所以认为它不占用时间，也不占用资源，起的是一种标志作用。

(二) 实箭线

实箭线就是带箭头的实线，它代表工序活动（或称作

业)。工序活动是指一项有具体内容，需要人力，物力参加，经过一定时间后才能完成的过程。显然，工序活动占用时间，一般情况下也占用人力、物力等资源。但在某些情况下，如材质的时效处理，水泥地面的自然干燥等类的活动，虽不需资源，但占用时间，也将其视为工序活动，用实箭线表示。

严格地说，在网络图中，一条箭线连同带编号的箭头事项和箭尾事项才表示一项确定的工序活动，如① $\xrightarrow{A}$ ②。对相邻工序活动来说，前面的称紧前工序活动，或称前导工序活动；后面的称紧后工序活动，或称后继工序活动。这里所说的紧前、紧后的概念是相对的。如① $\xrightarrow{A}$ ② $\xrightarrow{B}$ ③ $\xrightarrow{C}$ ④，A为B的紧前工序活动，B为A的紧后工序活动；同时，B是C的紧前工序活动，C为B的紧后工序活动。

（三）虚箭线

虚箭线就是带有箭头的虚线，代表实际上根本不存在的工序活动。由于是虚设的，它既不占用时间，也不消耗资源，仅用来表示某些工序活动之间的顺序逻辑关系。在网络图中引入虚活动，这是正确表达工序活动之间关系的一种客观要求。换句话说，在有些情况下，如不引入虚活动，工序活动之间的复杂关系就不易表达。

（四）线路

线路是指从网络图的起点开始，顺着箭头所指的方向，连续不断地到达终点的通道。线路中既有结点，又有箭线，实际是构成网络图的复合元素。结点、实箭线、虚箭线才是构成网络图的基本元素。

一张网络图往往包括有多条线路，结构越复杂，所含的线路越多。图2-1中包括4条线路，一条是A—B—F，一条

是A—C—G，一条是A—D—E—G，还有一条是A—D—H。

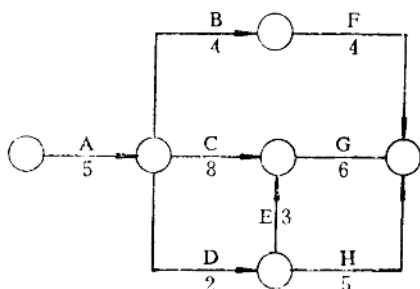


图 2-1

线路的长度叫路长，也就是这条线路上各项工序活动所需时间的总和。在图2-1中，写在箭线下面或右侧的数字就是完成各工序活动所需的时间值。在所有各线路中，可以找到一条所需时间最长的线路，称为关键线路。关键路线的含意是只有当这条线路完工时，才标志着整个工程任务的完工。关键路线上的工序都是关键工序。

二、绘制网络图的规则

绘制双代号网络图应遵循下述规则。

1. 工序活动要用带有结点的实箭线表示，通常沿箭线附有工序活动的名称代号及作业时间。箭线由左至右，不能出现循环线路。例如，某新产品试制任务，经过设计(A)、制造(B)等步骤后，进入试验(C)，假如试验结果证明，在总结(D)以后，必须进行重新设计，则绘成的网络图不能画成图2-2的形式，而只能画成图2-3的形式。

2. 箭线的首尾都必须有结点，不能从一条箭线的中间引出另一条箭线来。如挖沟槽铺设管道，当挖沟达到一定长度后，管道即可开始铺设，此后挖沟与铺设管道同时进行。

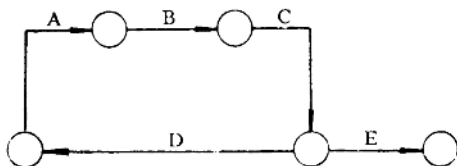


图 2-2

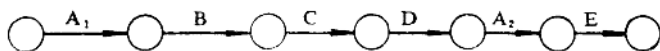


图 2-3

这时，网络图的形式不能为图2-4的形式，只能画成图2-5的形式。

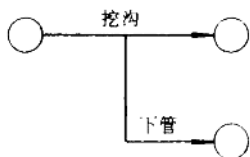


图 2-4

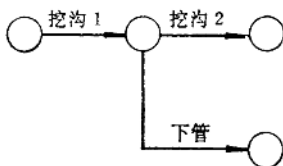


图 2-5

3. 几条箭线可进入一个结点，由一个结点也可同时发出几条箭线，但在任意相邻的两个结点之间只能有一条箭线，不能出现两条或两条以上的箭线。例如，有一工程任务由A、B、C、D、E五项工序活动组成，其中，B、C、D的紧前工序活动都是A、E的紧前工序活动是B、C、D，所画出的网络图不能是图2-6的形式，只能画成图2-7或图2-8的形式。

图2-7、图2-8是处理平行工序的两种画法，都引入了两条虚箭线。经过这样的处理，使得相邻结点之间只有一条箭线