

实用网络计划技术

冯桂烜 编著

冶金工业出版社

实用网络计划技术

冯桂烜 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书以网络计划技术 (CPM/PERT) 的基本理论和方法为基础, 着重介绍了简明实用的时间坐标网络计划的特点、用途, 以及这种计划的编制、优化和实施管理的方法。书中介绍的前锋线网络计划管理技术, 是在网络计划执行中进行动态管理的一种科学方法, 属国内首创, 在网络计划技术的推广应用中有较高的实用价值。本书内容注重实用, 深入浅出, 可供各类施工企业及乡镇建筑队广大管理干部自学或作为培训教材, 也可供其他企业管理人员和有关大专院校师生学习参考。

实 用 网 络 计 划 技 术

冯桂烜 编著

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张: $5\frac{3}{8}$ 字数 116 千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数00,001~2,000册

ISBN 7-5024-0435-X

F·23 定价2.80元

目 录

第一章	网络计划技术的基本知识	1
第一节	从横道图到网络图	1
第二节	网络图的基本概念与符号	8
第三节	工作之间的逻辑关系及其表示方法	12
第四节	网络图的绘制	20
第五节	网络图时间参数的计算	28
第二章	双代号时间坐标网络图	38
第一节	双代号时标图的概念	38
第二节	双代号时标图的画法	41
第三节	双代号时标图的判读	52
第三章	时间坐标网络计划的编制	57
第一节	工艺网络与施工网络	57
第二节	时间坐标网络计划的编制程序	60
第三节	工时估算与资源曲线的画法	64
第四节	年、季、月度时标网络计划的编制	68
第四章	网络计划的优化	78
第一节	概述	78
第二节	工期优化	79
第三节	资源优化	88
第四节	成本优化	93
第五节	适度满意原则	98
第五章	时间坐标网络计划的实施管理	101

第一节	时间坐标网络计划的实施	101
第二节	前锋线网络计划管理技术	103
第三节	资源成本的动态管理	113
第六章	搭接网络计划	119
第一节	搭接网络计划的基本概念	119
第二节	搭接网络计划的计算	124
第三节	单代号搭接网络时标图	136
第七章	事件节点网络计划	142
第一节	主要特点和实用意义	142
第二节	事件节点网络图的绘制和计算	148
结束语		161
主要参考文献		164

第一章 网络计划技术的基本知识

第一节 从横道图到网络图

有人说，计划是龙头。这有道理。凡事都要有个计划。计划是管理的核心，没有计划就谈不上管理。

计划的种类和形式很多，其中最基本的是进度计划，即什么时候做什么事情，或者什么时候做到什么程度。进度计划是计划的核心。

一、横道图

为了表达进度计划，多年来，在建筑施工和其他许多领域中，管理人员一直习惯于采用横道计划图表的形式。这种图表是美国人甘特发明的，因此又称为甘特图；但是人们常常根据其形式上的特点，把它称为横道图或线条图。图 1-1 所示为一项土建施工（第一阶段）计划的横道计划图。

在横道计划图中，横的方向按照计划期的长短分成许多格，每一格表示一个单位时间，这称为时间横坐标。如果以“天”作为时间单位，即每一格就表示 1 天，这称为日历横坐标。计划中的各个工作项目（工序）在竖方向上依次排列，采用一条条带状线条表示各个工作项目的进度安排。例如图 1-1 中，“挖土”这项工作从第 14 天开始，持续 3 天，到第 16 天结束，就用带状线条在图中从第 14 格画到第 16 格，长度占 3 格。从这种图表上可以看出每项工作（工序）计划在什么时候开始，到什么时候结束，每天要进行哪些工作，整个任务总工期要多长，非常简单、直观、易懂。如果把每

天同时进行的工作所计划投入的劳动量叠加起来，可以得到该计划每天需要的劳动力总量的动态曲线。同样，把每天各项工作所需要的其他资源（如某工种的人数、机械、材料等）叠加起来，就可以得到相应种类资源的动态曲线。这种图表对于计划的安排与实施是很有用的。因此，几十年来它一直被广泛应用。

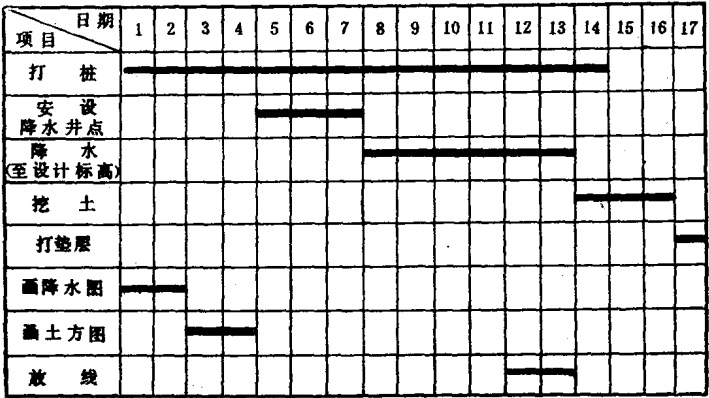


图 1-1 一项土建施工计划的横道计划图

然而，随着科学技术的进步和生产的发展，工程规模越来越大，内容越来越复杂。人们对于一项进度计划，不但要求它能表达出计划的工作内容、工作时间和所需资源，还要求它能正确地反映各个工作项目之间的内在联系和相互关系。工作内容、相互关系、时间安排和资源用量，被称为计划的四要素。尤其是对于复杂的工程任务来说，计划的成败关键往往不在于计划中每项工作的局部，而在于工作项目之间的衔接和协调，在于对工作项目相互关系的处理。因此，

在计划图表中正确地反映和表达工作项目之间的联系和制约关系就显得更加重要。横道图的最大缺点，恰恰就在于它不能反映和表达出这种联系和制约关系，而把整体任务割裂成一个个孤立的局部。如图 1-1 所示，该计划分成 8 个工作项目，但它们相互之间的关系如何，某项工作开始之前哪些工作必须结束，某项工作结束之后哪些工作可以开始，某项工作能不能提前或移后进行，某项工作缩短或延长工期，将会对其他工作及全局带来什么影响，所有这些问题在横道图上是不能得到解答的。用横道图不能分析工作项目之间的数量关系，也不能区分矛盾的主次，难以判定哪些工作是完成整个任务的关键所在。因此，作为一种计划管理的工具，横道图不能适应计划的变化和在执行计划中进行动态管理的需要。

二、网络图

早在第二次世界大战期间，就有人针对横道图的上述缺点，在横道图的带状线条之间加上若干箭线来表示各工作项目之间的相互制约关系（见图 1-2）。这个办法无疑是一个进步，但加上箭线的横道图仍难以进行定量的计算分析。为了适应现代生产和科学研究工作的需要，就迫切需要一种新的具有完备功能的计划管理工具。网络图就是在这个背景下产生的。

网络图用带箭头的线段（称为箭线或箭杆）和圆圈（也可以是椭圆或方框，称为节点）来表示计划的各个工作项目及其相互联系和制约关系。箭线和节点组成了网状图形，故称网络图。网络图又有单代号网络图和双代号网络图。图 1-3 就是图 1-1 所示的计的双代号网络图；同样，该计划也可以用单代号网络图来表示，如图 1-4 所示。

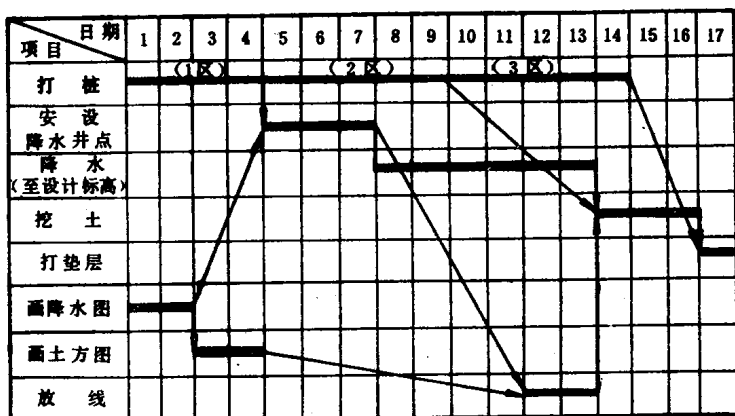


图 1-2 在横道图上用箭杆表示工作之间的关系

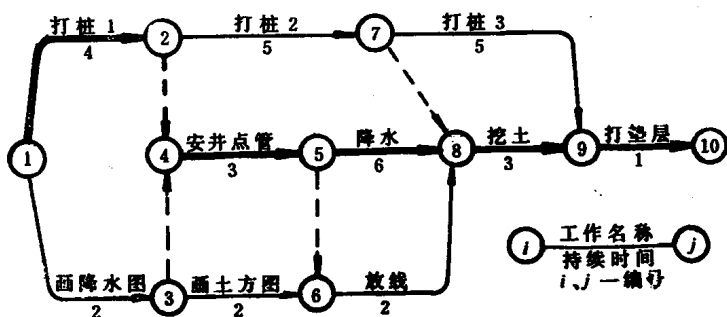


图 1-3 双代号网络图

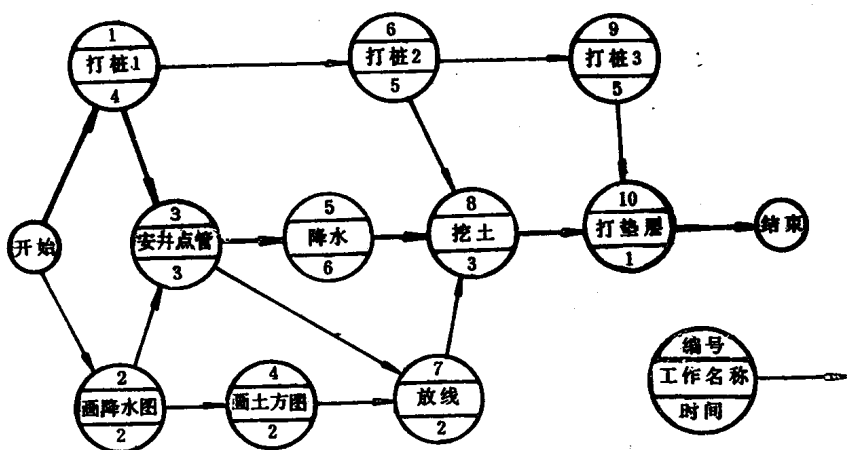


图 1-4 单代号网络图

从上列网络图中，我们可以清楚地看出计划中各个工作项目的相互联系及制约关系：打桩工程分三批进行，前一批桩打完，后一批桩就可以接着打；安设降水井点管之前不但需要画出降水方案图，还要求把第一批桩打完；安完井点管之后，就可以开泵降水，同时，安完井点管又是进行土方放线的先决条件；挖土开始之前，不但降水和放线要完成，还要把第二批桩打完，挖土结束后才能打垫层，……。按照一定的方法进行分析计算，可以算出每个工作项目最早可以在什么时候开始，什么时候结束；在总工期确定之后，最迟必须什么时候开始，什么时候结束以及每个工作项目有多少机动时间，哪些项目是控制总工期的关键项目，等等。网络图能够向我们提供的这些信息，对于计划的编制和执行都是具有重要意义的。

网络图与横道图相比具有下列优点:

(1) 网络图准确而清楚地反映和表达了计划中各个工作项目之间的相互联系和制约关系, 既把计划分解为若干个工作项目, 又将各个工作项目按其内在联系连成了有机整体, 有利于管理者综观计划全局, 进行统筹安排。

(2) 通过计算, 管理者可以定量地掌握计划的各项有关参数, 找出整个计划的关键所在, 既可以提高工程管理的计划性和预见性, 又可以集中精力抓住主要矛盾, 争取计划的实现。

(3) 网络图为用数学方法进行计划的优化提供了形象而简洁的数学模型, 管理者按照一定的方法可以找到最优或较优的计划方案, 从而为用最少的消耗取得最大的效益打下基础。

(4) 当计划执行过程中发生情况变化, 某些工作项目提前或拖后完成时, 通过网络分析可以看出它对整个计划影响的程度, 明确应如何采取措施, 怎样在新的情况下去寻找新的最优方案, 以争取最好地实现计划目标。

(5) 可以运用现代化的计算工具——电子计算机来辅助网络计划管理, 提高计划管理的科学性和工作效率, 这是横道计划图所不能比拟的。

三、网络计划技术的产生和发展

在谈论网络计划技术的起源时, 人们常常谈到美国在1957年由杜邦公司提出的关键线路法(CPM——Critical Path Method)和1958年由海军部提出的计划评审技术(PERT——Program Evaluation and Review Technique)。这两种方法在许多方面都非常相似, 在表现形式上的特征都是网络图, 应用的领域也都主要是计划管理, 因而

被称为网络计划技术，又称为网络法，其基本点是：

第一，画图——用网络图来表达一项计划；

第二，分析——通过计算求出计划的各项参数和找出关键线路；

第三，优化——按照一定的标准不断改善网络计划，直到求得最优或较优的计划方案；

第四，管理——在执行计划过程中实施有效的控制和管理，争取最佳的结果。

上述方法在实际应用中取得了显著的效果。它的出现在世界上引起很大的反响，被认为是一种崭新的思维方式，成为举世公认的计划管理新方法。60年代有42万人参加、耗资400亿美元的美国“阿波罗”登月计划，也是应用这种计划组织方法取得成功的。

在60年代，我国著名数学家华罗庚教授把网络计划技术引进国内，取名为“统筹法”。20多年来，网络计划技术无论在国内、外都有了很大发展，新方法，新模型层出不穷。目前世界上各种牌号的网络计划方法不下四、五十种；但其主要的方法可以归结为表1-1。

表 1-1 网络计划技术的主要方法

逻辑关系 \ 时间参数	肯 定 型	非 肯 定 型
	肯 定 型	非 肯 定 型
肯 定 型	CPM (关键线路法)	PERT (计划评审技术)
非 肯 定 型	DCPM (决策关键线路法)	GERT (图示评审技术)

其他的网络计划方法，可以说都是从表1-1所列的几种

方法派生、发展出来的。

从网络图的形式来分,有单代号网络计划、双代号网络计划和时间坐标网络计划等;

从逻辑关系的特征来分,有流水网络计划、搭接网络计划、MPM(梅特拉位差法)、PDM(前导网络)和BKN(组合网络)等;

从不确定因素的影响程度来分,有随机网络(QGERT)、仿真随机网络(GERTS)、风险型随机网络(VERT)等;

从优化功能来分,有资源优化网络、成本优化网络、综合优化网络等。

尽管上列方法各有特征,但都是以CPM/PERT为基础的。1978年美国土木工程协会会刊曾评论说,CPM/PERT是目前仅有的计划管理新方法,可以预见,在今后5~10年内不会出现一种新方法来替代它,因此我们应该享有它,使用它,改进它。对于正在推进管理现代化的我国广大管理人员来说,更应该认真研究这种技术,并结合我国国情,发展具有中国特色的统筹方法,促使我国的计划管理技术进入世界的先进行列。

第二节 网络图的基本概念与符号

网络图是由箭线和节点组成的网状图形,是网络计划技术的基本工具。任何一项进度计划都可以用网络图来表达;网络图通过箭线和节点清楚地表达出该计划的各项工作及其先后顺序和制约关系。

网络图有单代号网络图(见图1-4)和双代号网络图(见图1-3)。

一、任务与工作（活动）

这两个概念是相对而言的：如果把一个网络计划所表达的全部活动的整体称为一项任务的话，工作就是其中的“分任务”或“子任务”。任务指的是整体，工作是任务的组成部分。在基本建设的不同管理级别上，一项任务可以是一个建设项目，也可以是一个单项工程、单位工程，甚至是分部、分项工程。工作则是相对于任务来说级别较低的项目，在基层可以细分到一道工序，一道工序的一个组成部分，或者一项具体的活动，一项活动的一个阶段等等。

在网络图中，工作是组成网络计划的基本单位。工作又称为工序或活动。

工作一般都要花费一定的时间，耗用一定的资源（劳动力、材料、机械台班等等）。但也有一类工作，只需要时间，不需要资源，如建筑施工中的混凝土自然养护、油漆的干燥、回填土的沉实等等。

工作要按照一定的顺序进行。本工作完成之后紧接着开始做的工作，称为本工作的紧后工作，紧后工作可能有一个或多个。本工作开始之前必须完成的工作，称为本工作的紧前工作，紧前工作也可能有一个或多个。对于一项任务来说，一开始就可以进行的工作没有紧前工作，没有紧前工作的工作称为开始工作；最后完成的工作没有紧后工作，没有紧后工作的工作称为结束工作。与本工作同时进行的工作称为本工作的平行工作（见图 1-5）。

二、箭线与节点

箭线就是带箭头的线段，又称为箭杆。节点常常用圆圈表示，也可以用方框或椭圆表示。

在单代号和双代号的网络图中，箭线和节点表示的意义

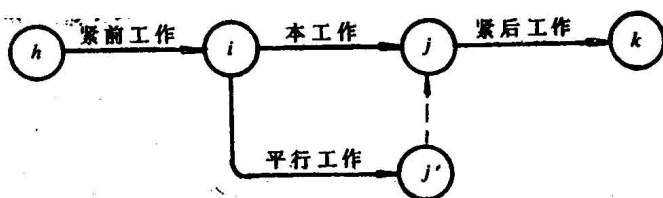


图 1-5 紧前工作、紧后工作和平行工作（双代号）

不同。

在双代号网络图中，用箭线表示工作，用节点表示工作开始或结束（图1-6a）。通常把工作名称写在箭线的上方，工作所需用的时间（又称持续时间）写在箭线的下方。箭线的箭头所指方向表示工序进行的方向，箭尾的节点表示该工作开始，箭头节点表示该工作结束。所以节点又可称为事件，箭尾节点称为开始事件，表示“某工作开始”；箭头节点称为结束事件，表示“某工作结束”。在网络图中，直接指向某一个节点的箭线，称为该节点的内向箭线；从某一个节点出发的箭线，称为该节点的外向箭线。一个节点的内向箭线与外向箭线都可能不只一个。中间节点（事件）既表示所有内向箭线（工作）的结束，同时又表示所有外向箭线

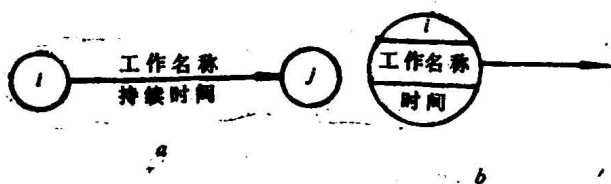


图 1-6 网络图的基本符号

a—双代号；b—单代号

(工作)的开始。这是事件的衔接性。事件又具有瞬时性(瞬时发生)和易检性(有明显的形象进度,容易明确地检查)。把所有的节点编上号码,任何一道工序就可以用其箭头箭尾两个节点的代号来代表,如图1-3中:⑧—⑨代表挖土,⑨—⑩代表打垫层,等等。这就是“双代号”网络图名称的由来。

在双代号网络图中,还有单纯表示工作之间的先后顺序和制约关系的虚线箭线。它可以被看成是一道不需要时间,不耗费资源的虚构工序,简称虚工序。它也可以用其箭头箭尾的代号来代表,其作用将在后面作详细叙述。

在单代号网络图中,用节点表示工作,箭线表示工作之间的先后顺序和制约关系(图1-6b)。通常用两道横线把节点分成上、中、下三部分,上部写节点编号,中间写工作名称,下部写持续时间。一个代号就表示一道工序,如图1-4中,⑧代表挖土,⑩代表打垫层等。在这里,箭线只表示工序之间的先后顺序及制约关系,其作用与双代号网络图中虚箭线的作用相仿,所以单代号网络图中一般不需有与实线箭线相区别的虚线箭线。

三、线路

在双代号网络图和单代号网络图中,线路的概念是相同的。

网络图中,从最初节点出发,沿着箭线的方向到达最终节点,其间一连串的箭线和节点组成线路。一个网络图一般都有多条线路。线路可以用所经过的节点号码来记述。如图1-3中用粗线画出的线路可记为①—②—④—⑤—⑧—⑨—⑩,等等。

线路上各工作的持续时间之和,称为该线路的长度。最

长的线路称为关键线路，也就是人们常说的主要矛盾线。位于关键线路上的工作，称为关键工作。关键线路上的全部关键工作控制着任务的总工期。为了突出关键线路，通常用双线、粗线或红线画出。

一个网络图上可能有几条关键线路，它们的长度相同。

除关键线路以外的线路称为非关键线路。其中，长度与关键线路最接近的线路称为次关键线路。

在一定条件下，关键线路与非关键线路可以互相转化。当关键线路缩短或非关键线路延长时，原来的关键线路就会变成非关键线路，某些非关键线路则会变成关键线路。次关键线路最可能首先变成关键线路。

第三节 工作之间的逻辑关系 及其表示方法

在一项任务中，各项工作之间的先后顺序及其相互制约关系称为工作之间的逻辑关系。这些逻辑关系是客观存在的。在画网络图之前，首先要把各项工作之间的逻辑关系搞清楚。对于任何一项工作来说，要搞清楚以下三个问题：

(1) 本工作开始以前必须具备哪些条件？也就是说，必须完成哪些工作后本工作才能开始？

(2) 本工作结束之后哪些工作可以进行？或者说，本工作的完成是哪些工作开始的前提条件？

(3) 本工作可以与哪些工作同时平行进行？

在建筑施工中，上述逻辑关系有的是由施工工艺决定的，这种逻辑关系叫做工艺逻辑。例如普通住宅的施工，按照一般的施工工艺，总是做完基础才能砌墙，砌完墙才能铺