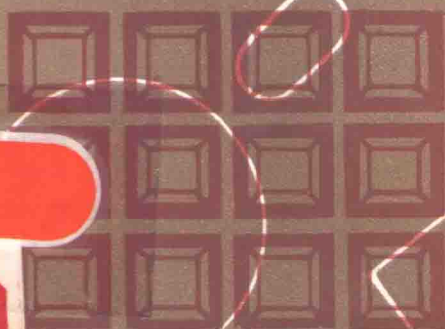


微电脑在建筑企业管理中的应用丛书

● 凌崇光 主编

● 凌崇光 编著

微电脑 用于 统筹网络 分析



中国建筑工业出版社

微电脑在建筑企业管理中的应用丛书

凌崇光 主编

微电脑用于统筹网络分析

凌崇光 编著

中国建筑工业出版社

本书是《微电脑在建筑企业管理中的应用》丛书之一，首先介绍了统筹网络分析的原理及方法，然后详细地介绍微电脑分析双代号统筹网络及打印进度计划软件的设计方法，最后给出一个完整的能用于IBM PC微电脑的程序及其使用说明。

本书供建筑及类似企业的软件工作者、技术人员和管理人员阅读，也可作大专院校管理专业有关课程的参考书。

微电脑在建筑企业管理中的应用丛书

凌 崇 光 主 编

微电脑用于统筹网络分析

凌 崇 光 编 著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：3 $\frac{3}{4}$ 字数：93 千字

1987年8月第一版 1987年8月第一次印刷

印数：1—5,040册 定价：0.78元

统一书号：15040·5274

丛书前言——我们的希望

和全世界的形势一样，新的技术革命高潮今天正在我国各行各业中兴起。电子计算机，特别是微型电子计算机（即微电脑）技术的应用，是其中一个重要环节。近年来，国家领导同志也一再强调应用微电脑的问题。

解放以来，我国土建工程在技术方面发展得很快，许多方面已接近或达到世界先进国家的水平。但是，在管理方面，则差距还是较大的，除应用电子计算机编制设计预算在若干省、市推广较好之外，其他方面见效不大。这种情况，大大落后于国外水平^①。

十年来，适用于管理工作（也可以用于科学计算）的微电脑，在国外发展很快。美国1980年就拥有一千万台各种型号的微电脑，而且每年以一百万台的速度递增。我国近年来已能自行生产各种型号的微电脑，并决定在最近一段时期把微电脑及其软件的开发放在计算机行业发展的首位。

今天，一套设备齐全，有汉字处理功能的微电脑，国内售价仅数千元至二、三万元，不少公司级的土建企业已经决定，甚至已经自行购买了微电脑，开始进行本企业的各种管理工作。

在这种大好形势下，我们感到有必要编写一套《微电脑在土建企业管理中的应用》丛书来迎接这一新局面，以推动这方面的工作。本丛书由有关大专院校及科研、生产单位的同志根据我国具体情况编写。第一分册《微电脑——土建企业的好助手》是科普性的，以后各分册将分别按土建企业各项业务的管理（如预算、

① 在一些发达国家，各种电子计算机使用的“机时”中，管理约占3/4，科学计算及控制约占1/4。

4.15.65

工料分析、网络分析、成本核算、工资计算、人员管理……)、具体介绍如何编写程序,并附有参考性的程序或程序段以及实例。

我们希望,这一套丛书能在我国土建企业管理现代化的进程中,起一点应有的推动作用。鉴于国内外土建管理的科研成果层出不穷,我们的水平及掌握的情况有限,难免会有错误及遗漏。不足之处,热诚希望广大读者提出宝贵意见及批评,以便在今后修订时逐步补充完善。

凌崇光 执笔

1986年6月于广州

华南工学院建筑工程系

目 录

绪 言	1
第一章 双代号统筹网络简介	4
第一节 什么是统筹网络	4
第二节 双代号统筹网络	6
第三节 统筹网络分析的内容	9
第四节 手算的基本方法	11
第二章 用微电脑进行统筹网络分析的基本方法	22
第一节 原始数据的处理及检查	22
第二节 网络时间计算	31
第三节 进度计划	35
第三章 应用程序	45
第一节 程序功能	45
第二节 技术条件	46
第三节 程序结构及框图	46
第四节 数据要求	52
第五节 源程序清单	54
第六节 文件名、主要标识符及特殊语句	93
第七节 使用说明	96
第八节 实例	98
后 记	111
主要参考文献	112

绪 言

人们的各项生活及生产活动，都可以看作是一个系统，在各个系统中，又包括了一系列既相互联系、又相互制约的工作（或工序）。所谓系统，小型的可以是，例如组织一个会议所需进行的各项准备工作；中型的可以是，例如一座桥梁的施工，从“三通一平”到完工通车的各项工作；大型的可以是，例如一个矿区开发建设中的一系列工作。要组织好一个系统中的各项工作（工序），使它们能有效而和谐地进行，就需要有一种科学的分析方法。

随着本世纪40年代第二次世界大战中运筹学的创立及战后各国经济的重建和发展，一门古老的数学分支——网络理论——得到了广泛的应用。这一理论经我国著名数学家华罗庚教授在国内介绍与推广，一般称之为“统筹方法”。将统筹方法应用于计划管理，就能科学地对一个系统进行分析，安排进度，指出本系统中需要特别注意的关键工作（工序），使本系统能顺利地按期或提前实现。

近年以来，我国各地不断兴建各种工业与民用建筑及建筑群，城市建设、交通建设都在大规模地进行。它们不但工程量大而复杂，而且大多还包括各种技术要求很高的机、电安装工程，需要有计划地交叉进行，尽可能地避免返工和浪费。在我国当前的管理水平下，应用统筹方法对土建工程进行管理，一般能缩短工期约20%，降低成本约10%；而进行这一分析所需的费用极少，可能还不到造价的1%^[1]。例如获得全国第一面建筑工程金质奖的广州白天鹅宾馆，是一座34层，92980平方米的高层建筑。该工程在土建、安装施工中联合安排了统筹计划，还按不同

阶段及部位编制了专业、区域、标准层及专项等多种补充统筹计划。这样，立体工程（包括装修及设备）仅一年九个月便基本完成，两年零四十天全面竣工，比合同工期提前了四个多月，估计少付外资利息一千万港元。该宾馆1983及84年平均每月获利人民币二百万元，提前四个月开业就相当于提前获利人民币八百万元，经济效益是很可观的。如果不用科学方法管理，在工程施工中就会出现各种窝工、返工、相互扯皮的情况，造成了金钱及时间上的损失。

用统筹方法分析一个系统时，需要把该系统中的各项工作（工序）按其相互之间的逻辑关系，依照一定的规则绘制成统筹网络图，再按规定的方法进行相应的计算，以求得各项工作（工序）的有关时间数据（如最早、最迟开、完工时间及机动时间等），决定哪些是对整个工期起决定性作用的“关键工作”（工序）。对于小型或简单的系统，这一分析工作比较容易进行。事实上，对一些有经验的管理工作者，也可以不必进行。至于大型或复杂的系统，往往包括了上百项甚至上千项工作（工序），光靠管理工作者的脑子，是照顾不过来的，而按统筹方法所需进行的计算工作量则又相当大。特别是土建工程的工期长，影响因素多（资源供应波动、地质变化、气候影响……），情况在不断变化。经过一段时间（如一个月）就有必要按新情况对网络进行数据更新和重新计算，以求得新的时间数据。那时的关键工作（工序）很可能与上次计算所得的不同。这样，用人力进行计算，既烦琐又不及时，致使统筹方法在土建工程中的应用还不太普遍。

有了微电脑及相应的软件之后，以上的缺点基本上可以得到克服。操作员只需将原始数据按软件的规定或屏幕上的提示通过键盘输入，或经过一段时间后对数据作必要的更新，所有大量而枯燥的计算就可以由微电脑代劳，很快得到结果。不但如此，微电脑还可以将所得到的大量不易理解的时间数据立即转变为管理工作所习惯使用的横道图进度计划，或者按计算结果绘制出时间座标网络图。今天，不少先进的土建企业已开始使用微电脑进

行统筹网络分析。可以预计，随着微电脑的进一步普及，软件质量的不断提高，使用微电脑进行计划管理，一定能为企业带来更明显的经济效益。

本书先简单介绍双代号统筹网络，然后介绍用微电脑分析统筹网络的基本方法，最后介绍一个完整的应用程序及使用方法。

对于一些已有统筹网络方面基本知识的读者，可以略去第一章。如读者希望对统筹网络作进一步研究，可以参考有关专著^{〔1〕、〔2〕、〔3〕}。第二章供学习过BASIC算法语言，想自行设计软件而缺乏经验的读者参考之用，同时也是理解第三程序的的基础。对于一些已有了机型相似的微电脑而又希望能早日投入使用的读者，可以直接使用第三章的程序。

第一章 双代号统筹网络简介

第一节 什么是统筹网络

统筹网络由带有简短文字说明和数字的箭杆与节点组成，用以表示一个系统中各项工作（以下统称工序）的名称、编号、预计延续时间、资源需要强度等以及各工序之间的逻辑关系（相互联系及相互制约）。按绘制形式来说，统筹网络可以分为单代号和双代号两大类。

1. 单代号统筹网络

用节点表示一个工序（注以编号、名称、时间、……），用箭杆表示各工序之间的逻辑关系。

图1-1是单代号统筹网络的一个例子。它表示一幢旧建筑物翻修工程的一部分。网络表示：在签订合同之后，拆除内部需进行3天，然后可以分头进行更换管道（3天）及更换电缆（5天）。在这两项工序都完成之后，才可以修复墙面及天花（4天）。在更换电缆完成之后，才可以修复地板（1天），……。

这一形式的网络，绘制比较简单，但目前我国还未普遍应用。

2. 双代号统筹网络

用箭杆表示一个工序，在箭杆上下注明其名称、时间……。用节点连接各箭杆，并用以表示各箭杆的编号。通过箭杆与节点的结合，来表示各工序之间的逻辑关系。图1-2是上例用双代号形式绘制的网络。

这一形式的网络在绘制时需根据逻辑关系增加一些“虚箭杆”（如图1-2中的③—→④），这就增加了一些计算工作量，

但是比较容易理解，目前我国应用比较普遍。

网络一般从左向右绘制，其起点称为起始节点；终点称为终止节点。按起始节点或终止节点的多少，统筹网络可分为单起点或多起点；单目标或多目标的网络。

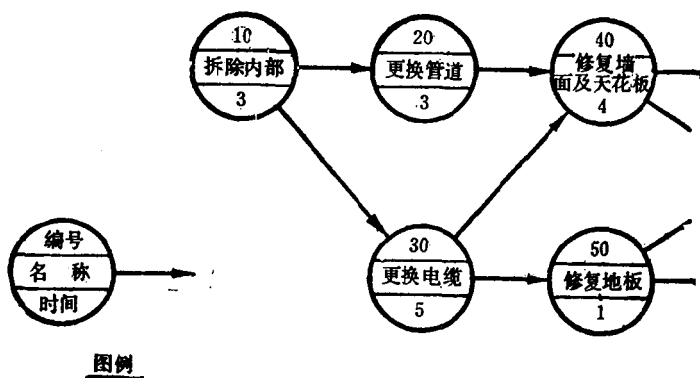


图 1-1 单代号翻修工程网络（部分）^{〔1〕}

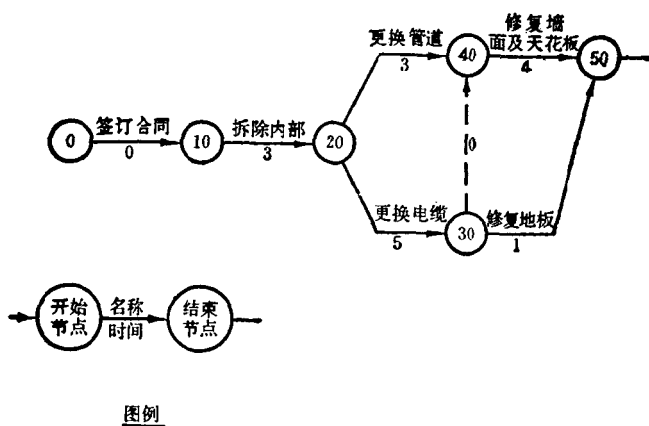


图 1-2 双代号翻修工程网络（部分）^{〔1〕}

按每个工序所需延续时间的肯定与否，统筹网络又可分为肯定型与概率型两种：

1. 肯定型统筹网络

每个工序的预计延续时间可以根据以往施工经验或定额、当前施工条件和工程量，比较准确地估计出来。因此，时间只有一个值。计算所得各项时间数据也都是肯定而唯一的。

2. 概率型统筹网络

由于缺乏经验，每一工序所需延续时间只能估计出如下数值：

- (1) 最乐观的时间；
- (2) 最可能的时间；
- (3) 最悲观的时间。

经过一定的分析方法，就可以计算出各工序的估计时间数据以及本系统按规定时间实现的概率。

本分册主要介绍肯定型、单起点、单目标、双代号统筹网络的微电脑分析方法。

第二节 双代号统筹网络

一、基本概念

从图1-2可以看到，双代号统筹网络由箭杆及节点所组成，节点是箭杆的连接点，并顺箭杆方向加以编号。节点编号最好不要连续（如图1-2中编成0、10、20、30、……）以便以后修改、补充。除虚箭杆外，每一箭杆代表一个工序，它将消耗一定的时间及资源（人力、材料、……）。箭杆上方注以工序名称、下方注以预计延续时间。

对于一个工序来说，箭杆尾部的节点称为该工序的开始节点，其编号以I表示；箭杆头部的节点称为该工序的结束节点，其编号以J表示。因此，该工序的编号就是I，J，而其预计延续时间就以DD(I, J)表示（图1-3a）。为了简化，也可以将各

个工序顺序编号 (1、2、……)，第K个工序的预计延续时间就是DD (K)^①。

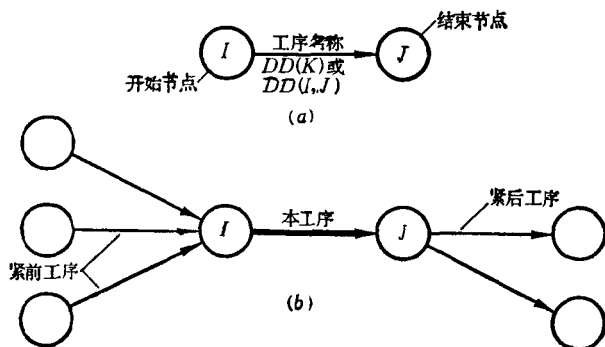


图 1-3 工序编号及前后关系

指向本工序开始节点的各个工序称为本工序的**紧前工序**；离开本工序结束节点的各工序称为本工序的**紧后工序**。因此，本工序的开始节点就是其紧前工序的结束节点；而本工序的结束节点又是其紧后工序的开始节点（图1-3b）。

虚工序用虚箭杆表示（图1-2中的③→④），它表示某些工序之间的逻辑关系，但本身并不消耗时间及资源。虚工序有时也可用以切断某些工序之间的联系。因此，虚工序只在分析网络时起作用，在计算结果中一般不予列出，以资简化。

二、绘制统筹网络的基本原则

在绘制网络之前，首先要正确地制定出整个系统的实施（施工）方案，列出全部工序项目，决定工艺流程也就是各工序之间的逻辑关系（先后顺序及搭接等关系）。然后根据具体情况，估计出各工序本身的预计延续时间^②。在此基础上，才能按以下原则绘制网络图：

- ① 网络的其他时间，本书也都用类似方式表示。
- ② 进一步，还应估计各工序所需的各种重要（紧缺）资源。

1. 按紧前、紧后顺序排列。一个工序可以有若干个紧前工序，也可以有若干个紧后工序（图1-3b）。

2. 在网络图中，不允许出现“闭合线路”。即从一个节点出发，顺着某些箭杆方向前进，不允许又回到原节点。因为一般来说，这是违反施工工艺的逻辑的。图1-4中就有两条“闭合线路”： $20 \rightarrow 30 \rightarrow 50 \rightarrow 20$ 及 $20 \rightarrow 40 \rightarrow 50 \rightarrow 20$ 。这种“闭合线路”可以通过检查每一工序的结束节点编号J是否小于或等于其开始节点编号I来防止。

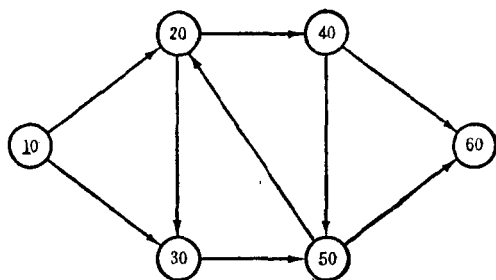


图 1-4 包括两条“闭合线路”的网络图

3. 在网络图中，每一箭杆的编号I, J必须是唯一的，不能与其他箭杆的编号相重复（图1-5a）。为了避免发生这种情况，可以增加一个虚箭杆（图1-5b）。

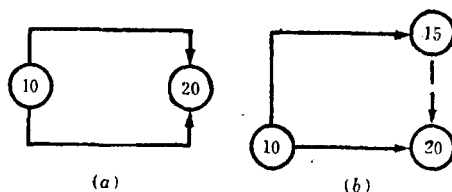


图 1-5 两工序平行进行时的表示方法
(a) 错误; (b) 正确

4. 一般情况下，网络中只允许有一个起始节点及一个终止节点。

以上几条原则只是最基本的, 还有一些原则及许多绘制技巧, 请参阅有关专著^{[1]、[2]、[3]}。

第三节 统筹网络分析的内容

绘成一个网络、加以编号并决定了各工序的延续时间之后, 就可以进行分析计算, 以求得以下的时间数据:

1. 每一工序前后两节点的最早时间 $ET(I(K))$ 及 $ET(J(K))$

前者是指第 K 个工序的开始节点 (编号为 $I(K)$) 最早可能发生的时间。这一时间加上本工序的延续时间, 就是本工序结束节点 (编号为 $J(K)$) 最早可能发生的时间。

本工序开始节点的最早时间, 就是各个紧前工序结束节点最早时间中的最大值。因此, 这两个数据的计算, 是从网络的起始节点开始, 顺着箭杆的方向进行的。

2. 每一工序前后两节点的最迟时间 $LT(I(K))$ 及 $LT(J(K))$

后者是指第 K 个工序的结束节点最迟必须发生的时间。这一时间减去本工序的延续时间, 就是本工序开始节点最迟必须发生的时间。

本工序结束节点的最迟时间, 就是各个紧后工序开始节点最迟时间中的最小值。因此, 这两个数据的计算, 是从网络的终止节点开始, 逆着箭杆的方向进行的。

3. 每一工序的最早可能开工时间 $ES(K)$ 及最早可能完工时间 $EF(K)$

前者是指当第 K 个工序的各个紧前工序都已按其各自的最早可能完工时间完成后, 本工序最早开工的时间。这一时间也就相当于该工序开始节点的最早时间。

后者是指当本工序按其最早可能开工时间开始后, 其相应的完工时间。

4. 每一工序的最迟必须完工时间 $LF(K)$ 及最迟必须开工时间 $LS(K)$

前者是指为了使第 K 个工序的各个紧后工序都能按其各自的最迟必须开工时间开始,本工序最迟必须完工的时间。这一时间也就相当于该工序结束节点的最迟时间。

后者是指如第 K 个工序按其最迟必须完工时间结束时,其相应的开工时间。

5. 每一工序的总时差 $TF(K)$ 及自由时差 $FF(K)$

第 K 个工序的最迟必须开工时间 $LS(K)$ 及最早可能开工时间 $ES(K)$ 之间^①, 往往会有一个差值, 这就是本工序在安排上可能有的机动时间。也就是说, 本工序只要在这两个时间之间开工(如按完工时间计算, 就是在最迟必须及最早可能完工时间之间完工), 就不会影响整个系统的按期实现。我们称这一时间差值为该工序的总时差 $TF(K)$ 。

一个工序的机动时间(总时差)之中, 有一部分是本工序所专有的(也可能没有), 可以由本工序自由支配而不致影响后续工序的安排; 而另一部分则是本工序与若干后续工序所共享的。前者我们称之为该工序的自由时差 $FF(K)$; 也就是说, 这一机动值归该工序自由支配, 如果不用, 后续工序也利用不了。如果该工序使用的机动时间超过了其自由时差而又未超过其总时差, 虽然不致影响整个工期, 但是会减少某些后续工序所能利用的机动值。我们称这部分机动时间(某工序的总时差与其自由时差的差值 $TF(K) - FF(K)$)为该工序的相关时差。

6. 决定关键工序

如果第 K 个工序的最早可能开工时间 $ES(K)$ 及最迟必须开工时间 $LS(K)$ 相等, 也就是说, 其总时差为零, 这表示该工序一点机动时间也没有。这类工序称为关键工序^②。这些工序是该系统的负责人在这个阶段应予以密切注意, 使之务必按期完成的工序。这些工序如果拖迟了, 就必然会使整个工期延长。

从起始节点到终止节点, 可以经过许多条线路。其中至少有

① 或最迟必须完工时间 $LF(K)$ 及最早可能完工时间 $EF(K)$ 之间。

② 在下一节将看到, 推广来说, 在一次计算中, 时差最小的工序为关键工序。

一条是完全由关键工序所组成的，称为关键线路。在统筹网络中，习惯上以粗线杆表示各关键工序。

7. 根据计算所得各工序的时间数据，绘制横道图进度计划。

第四节 手算的基本方法

图1-6是从网络中取出的前后相继的三个工序。如用节点编号来表示，为H、I、J、K；如用工序顺序号来表示，为K-1、K、K+1。对第K个工序来说，第K-1是它的紧前工序，而第K+1是它的紧后工序。手算时，基本的计算顺序及方法如下：



图 1-6 网络中的三个工序及两种表示方法

1. 计算各工序前后节点的最早时间 $ET(I(K))$ 及 $ET(J(K))$

计算时，从起始节点开始，顺箭杆方向进行，并可按以下四种情况考虑：

(1) 没有紧前工序的各个工序，也就是从起始节点出发的各工序，我们约定起始节点的最早时间为零（单位任选，在下面的例子中，用工作日为时间单位）。也就是说，以下的时间，都以该工作日的结束来计算。起始节点的最早时间为第零工作日的结束，也就相当于第1工作日的开始，即：

$$ET(I(1)) = 0$$

(2) 第K个工序结束节点的最早时间为本工序开始节点的最早时间加上本工序的延续时间，即：

$$ET(J(K)) = ET(I(K)) + DD(K)$$

(3) 如本工序只有一个紧前工序，其开始节点的最早时间就是紧前工序结束节点的最早时间，即：

$$ET(I(K)) = ET(J(K-1))$$