

白思俊 编著

CAA FOR
ACTIVITY

NETWORK



网络计划的 计算机辅助分析

陕西科学技术出版社

网络计划的计算机辅助分析

白思俊 编著

陕西科学技术出版社

网络计划的计算机辅助分析

白思俊 编著

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 西北工业大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 61.6 万字

1991 年 4 月第 1 版 1991 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1-2500

ISBN 7-5369-0926-8 / TP · 35

定 价: 9.90 元

前 言

当人们开始把一个客观过程看作系统，并用系统科学的思想和方法来分析研究其特性时，便在认识上产生了质的飞跃，而首先运用系统科学来描述客观过程的就是网络分析技术。

50年代末期，美国军方第一次用网络计划图的形式来评审制定“北极星”导弹系统的发射计划，尽管是很初步的尝试，却给人们带来了有益的启示。60年代初，我国首先在航天工程中试用网络计划技术，取得了明显的经济效果。后来在华罗庚教授的推动下，我国各行各业都开始应用了网络计划技术，至今网络计划技术作为一门成熟的管理技术，在工矿企业中得到了更为广泛的应用。

随着网络计划技术的广泛应用，必然需要一种有用的工具来辅助人们对网络进行分析，计算机辅助网络计划的分析与设计就是应此而产生的。目前人们在计算机辅助网络计划分析方面已作了广泛研究，同时也开发出了众多的功能不很完善的网络计划分析软件。但是目前人们却还不能找到一本专门论述计算机辅助网络计划分析方面的书籍，现有的论述也只是在一些书中略加介绍而已，且主要论及的是网络参数计算这一最为简单的问题，而对于计算机辅助网络图的绘制、优化等较为复杂的问题介绍的极为有限。本书旨在对实际项目管理中如何利用计算机对网络计划进行辅助分析与设计这一问题作一系统的论述，使读者对网络计划技术的基本原理及计算机辅助网络计划技术分析的设计原理、实现方法、实施步骤及编程技巧有一个较为全面的认识，并能在学习本书的基础上自行编制有关的网络计划分析软件。本书的大部分内容是在国家自然科学基金支助的“微机图像系统辅助网络分析”以及笔者所从事的其它几项有关项目管理方面的课题基础上总结的，可以说这是目前唯一的一本系统地论述计算机辅助网络计划分析方面的书籍，该书对于从事网络分析方面的人员以及从事有关计划管理方面的人员是一本极为有用的参考书。

本书在介绍网络计划技术原理的基础上，详细系统地介绍了计算机辅助绘制网络图、计算机辅助绘制时间坐标网络图、计算机辅助打印绘制网络横道图、计算机辅助网络参数的分析、计算机辅助网络计划的（时间、费用及资源）优化分析等的设计原理、实现方法、实施步骤及编程技巧。第一章结合实例介绍了网络计划技术的基本概念及其编绘步骤；第二章介绍了计算机辅助绘制网络图的原理、方法及编程处理技巧；第三章较为详细地介绍了网络计划时间参数的计算及编程方法；第四章介绍了时间坐标网络图和网络横道图的基本概念以及如何借助计算机来辅助绘制、打印这两种计划图；第五章系统的介绍了网络计划的时间优化、资源优化及费用优化的方法、步骤及程序实现框图；第六章利用了较多篇幅专门介绍了作者等在IBM-PC/XT/AT类微型计算机上使用Turbo Basic语言开发的网络分析软件CANA-2的详细设计思想、模块结构及编程处理技巧，并介绍了该软件在实际项目计划管理中的应用；最后附录A给出了该软件系统的全部一万余条源

程序，这些程序均在 IBM-PC/XT/AT 类微型计算机上调试通过，并在实际的项目型号管理中得到应用。本书重点旨在讨论如何利用计算机对网络计划进行辅助分析与设计，以使得网络计划技术这一现代化的管理方法得以广泛应用。

在编写本书的过程中，自始至终得到了西北工业大学管理系领导及管理学院系统工程教研室全体老师在工作上的帮助，特别是西北工业大学管理学院副院长钱福培教授以及管理系名誉系主任顾亚声教授对笔者从事计算机辅助网络分析这一课题的指导与帮助，在此笔者表示衷心的感谢！

由于本书作为第一本系统论述计算机辅助网络分析方面的书籍，因此书中错误在所难免，不妥或错误之处恳请广大读者批评指正。

白 思 俊

1990 年 8 月于西工大

目 录

第一章 网络计划及其编绘	(1)
第一节 网络计划技术综述	(1)
第二节 网络图的基本概念	(4)
第三节 工作之间相互关系的表示方法	(12)
第四节 网络图的绘制	(15)
第五节 网络图绘制实例	(19)
第二章 计算机辅助绘制网络图	(22)
第一节 网络图的计算机存储表示方法	(22)
第二节 网络工作之间逻辑关系的数字化处理	(25)
第三节 计算机辅助绘制网络图	(29)
第三章 网络计划时间参数的计算及其程序设计	(35)
第一节 事项时间参数的计算	(35)
第二节 工作时间参数的计算	(38)
第三节 时差及其关键线路的确定	(41)
第四节 PERT 网络参数计算示例	(46)
第五节 网络计划时间参数计算的程序设计	(49)
第六节 给定工作关系网络参数的直接计算	(56)
第四章 网络计划的具体实施	(60)
第一节 时间坐标网络图	(60)
第二节 计算机辅助绘制时间坐标网络图	(65)
第三节 网络横道图	(67)
第四节 计算机辅助网络横道图的打印绘制	(68)
第五节 网络计划的实施	(70)
第五章 网络计划的优化及其程序设计	(73)
第一节 网络计划的时间优化及其程序设计	(73)
第二节 网络计划的资源优化及其程序设计	(79)
第三节 网络计划的费用优化及其程序设计	(96)

第六章 计算机辅助网络分析软件 CANA-2 的设计及应用	(117)
第一节 网络分析软件 CANA-2 的总体设计及功能介绍	(117)
第二节 CANA-2 软件的模块结构图	(127)
第三节 CANA-2 软件在项目管理中的应用	(131)
附录 A 网络分析软件 CANA-2 源程序清单	(142)
程序一: WLZKCX.BAS	(142)
程序二: WLCD11.BAS	(145)
程序三: WLCD112.BAS	(157)
程序四: WLCD41.BAS	(168)
程序五: WLCD42.BAS	(176)
程序六: WLCD47.BAS	(193)
程序七: WLSR2.BAS	(199)
程序八: WLCD23.BAS	(203)
程序九: WLCD2312.BAS	(206)
程序十: WLCD233.BAS	(218)
程序十一: TIMEDATA.BAS	(224)
程序十二: WLCD245.BAS	(226)
程序十三: WLCD2367.BAS	(235)
程序十四: WLCD3.BAS	(247)
程序十五: WLCD32.BAS	(252)
程序十六: WLCD33.BAS	(262)
程序十七: WLCD36.BAS	(271)
附录 B Turbo Basic 简明参考手册	(277)
一、Turbo Basic 原语句、语句和函数	(277)
二、支撑说明	(287)
参考文献	(289)

第一章 网络计划及其编绘

第一节 网络计划技术综述

一、网络计划的产生和发展

计划是管理的核心，而进度计划又是计划的核心。在传统的计划工作中，曾广泛地应用横道图计划。编制横道图计划的方法，是将各项生产或任务，按照完成任务的顺序和时间，画在一张具有时间坐标的表格上，并用一条带状线表示完成各项任务的起始时间、结束时间和延续时间。这种横道图可以相当有效地表达各项任务的进度安排和计划的总工期，具有直观易懂的特点。所以它对提高管理工作水平和促进生产的发展，起到了重要的作用，一直延用至今。但是，作为一种计划管理的工具，横道图的致命缺点就在于不能反映工作项目之间的相互关系。因此，随着生产技术的迅速发展，工程规模越来越大，各个生产环节之间关系的复杂，利用横道图就难以使计划构成一个系统的整体，因而也就不能从数学的高度去分析工作之间相互制约的数量关系，以便揭示计划中的关键环节。这样当某件工作的进程提前或拖后时，就难以发现其对整个计划的影响，当然也就不能对此作出迅速的反应和采取有效的措施。另外，由于横道图不能实现定量分析，因而也就谈不上实现计划的最优化，从而也就妨碍着现代化的科学计算手段—电子计算机的应用。所有这些，都要求有一种新的、更好的编制计划的方法和计划的表达形式。于是，网络计划法就应运而生了。

网络计划是以网络图为基础的计划模型。它最基本的优点就是能直观地反映工作项目之间的相互关系，使一项计划构成一个系统的整体，从而为实现计划的定量分析奠定了基础。对一项计划来说，要作出科学的计划，网络模型是必不可少的。

网络计划包括 PERT (Program Evaluation and Review Technique, 简称 PERT) 与 CPM (Critical Path Method, 简称 CPM)，前者一般译为计划评审技术或计划协调技术，后者一般译为关键线路法，两者有时统一记为 PERT / CPM。

PERT 是 1958 年美国海军特种计划局在研制“北极星”导弹核潜艇中，在汉密尔顿公司及洛克菲勒公司的协助下，首次提出的控制进度的先进方法。“北极星计划”是一项规模庞大，组织管理工作复杂的任务，整个工程由八家总承包公司，250 家分包公司，3000 家三包公司，9000 家厂商承担。当时的目的就是必需尽快地发展这种“北极星导弹”，从而就必须作出一种统筹规划。也就是说，要完成这项任务要做哪些研究工作，这些工作需多长时间？完成这项工作需要哪些发展的步骤和试验阶段？国家如何才能加快完成这项任务？总之，美国要在何时才能拥有一枚可供使用的北极星导弹？PERT 就是为了解决上述问题，加速完成北极星导弹而发展起来的计划和进度安排技术。

CPM 是与 PERT 十分相似但又独立发展的另一种技术。1956 年, 美国杜邦公司为了管理公司内不同业务部门的工作, 在兰德公司的协助下, 研制了这种管理方法。它首先应用于新化工厂的建设, 以后又应用于生产设备的维修, 效果很显著。例如杜邦公司在采用 CPM 后的一年中就节约了 100 万美元, 五倍于该公司用于研究发展 CPM 所花经费; 我国马鞍山钢铁公司在 1984~1989 年的 512 项工程和设备检修中应用网络计划技术取得经济效益 4267 万元; 南阳油田在“两站”大检修中利用网络技术使原计划 50 天的检修期, 提前了 20 天完成, 节约费用达 40 万元; 又如庐洲长江大桥三号桥墩应用网络计划施工后, 提前一个月完工, 节约费用 60 万元。

正因为如此, 这两种技术的出现, 立即引起了世界各国管理者的重视, 使之在较短时间里得到了广泛地传播与应用, 现在已应用到生产实际的各个领域之中。例如美国政府就明确规定: 凡是一切由政府进行的工程, 都必须采用这种技术。就军事来说, 每一项大型军事工程, 如不编制网络计划, 国防部就予以批准。他们在 1970 年曾对 235 家企业进行过调查, 结果表明, 使用网络计划的占 81%。苏联是从 60 年代开始运用的, 到第九个五年计划 (1970~1975 年) 期间, 这种方法的推广面已达 34%。日本在 1962 年前后引进 PERT/CPM, 并首先在建筑行业中应用, 继而又推广到钢铁、造船和设备安装等部门。其后英、德、意等国也都采用这种技术, 我国 60 年代中期华罗庚就开始在全国宣传和推广这种技术, 并称之为“统筹法”。目前, 网络计划技术作为一门成熟的管理技术, 已在工矿企业中得到了广泛应用, 并且正在日益广泛地深入到生产实际的各个领域, 随着网络计划技术的广泛应用, 必然要受到电子计算机的支持, 计算机辅助网络分析方面, 目前国内外研究的相当广泛, 仅国内就有数十家单位在从事这一项工作的研究。可以预料, 随着管理方法的现代化, 网络计划技术必将要受到我国管理工作者的重视。

二、网络计划的特点

网络计划作为系统工程的一个分支, 它在制定一项计划时, 总是把所研究的对象当作一个系统的整体来考虑。无论何种计划都包含着许多消耗时间和资源的工作过程, 并且这些工作的实施不是随意的, 它要受到它们之间相互关系的限制。计划的根本目的就是要使任务的诸工作、相互关系、时间、资源构成一个系统协调的整体, 力求以最短的工期和最少的资源去完成这项任务。

网络计划模型是一种直观而简明的、有逻辑和数学根据的计划模型。就是说它不仅完整地揭示一项计划所包含的全部工作以及它们之间的关系, 而且还能从数学的高度运用最优化原理, 去揭示整个计划的关键工作以及巧妙地安排计划中的各项工作。从而可使计划管理人员依照计划执行的情况信息, 有科学根据地对未来作出预测, 使得计划自始至终在人们的监督和控制之中。

由于网络法是一种定量化的数学方法, 有一定的数学理论基础, 因而在运用网络法的同时可以广泛有效地使用电子计算机, 从而可使人们在较短的时间内, 从众多的计划方案中选一种能以最短的工期、最少的资源、最好的流程、最低的成本来完成所下达任务的方案。

三、网络计划技术制订计划的功能

用 PERT / CPM 制订工程计划的功能基本上有如下几个方面:

(1) 用 PERT / CPM 制订计划, 是利用网络图的形式表达某项工程计划的各种要素, 诸如: 工作项目、工作先后顺序、时间进度以及所需费用、资源等的全貌, 从而使各有关方面做到胸中有全局, 便于配合和协调, 有利于均衡生产。

(2) 对于实现工程计划的各项作业的顺序、所需时间、费用和资源等, 可以预先规定和设计, 并可制订若干替代方案进行分析比较, 从中选出最优计划方案, 付诸实施。

(3) 在计划执行过程中, 可以及时地获得有关执行进度的信息, 并能测算执行过程中的主要矛盾, 以便采取措施, 保证计划顺利进行。

(4) 当生产条件发生变化需调整计划时, 只需进行局部调整即可, 从而因计划调整而受到的损失最小。

(5) 改进了计划的制订、管理、决策, 可对决策进行模拟, 使计划的决策由局部最优达到总体最优。

四、PERT 与 CPM 网络法的内容和区别

PERT 与 CPM 并无根本的区别。由于 PERT 是由军事部门所创, CPM 是由民用部门所创, 所以前者偏重于时间控制, 后者偏重于费用控制。此外, 后者的作业时间一般是确定的, 而前者的作业时间往往具有某种不确定性。具体来讲其内容、特点和区别如下:

1. PERT 的基本内容和特点

PERT 法编制某项工程计划的时候, 以“箭线”与“事项”代表作业, 按工作顺序, 依次连接完成网络图形。经估计每项工作的延续时间, 即可计算整个工程工期, 并从中发现关键路线。这种方法重点是研究工程期限。

2. CPM 的基本内容和特点

CPM 法编制工程计划的时候, 网络图形与 PERT 法大体相似, 除具有相同作用外, 还可调整工程的“费用”与“工期”。它的主要研究内容是整个工程的费用与工期的相互关系, 争取以最低的费用、最佳的工期来完成任务。

3. PERT 与 CPM 的主要区别

由于这两种方法的侧重面不同, 它们之间也有不同所在。其主要区别:

(1) CPM 法是以经验数据为基础, 作业时间是确定的; 而 PERT 法是在没有经验数据的情况下, 各项作业时间则基于概率估计, 是不确定的。所以前者属于肯定型网络法, 后者属于非肯定型网络法。

(2) CPM 法不仅考虑时间, 还考虑费用。即重视工程的成本分析, 侧重于成本控制; 而计划评审技术则重点用于时间控制。

(3) 从应用范围来看, PERT 主要应用于研究和发展项目; 而 CPM 更多地用于以往在类似工程中已取得一定经验的承包工程。

五、网络技术的应用领域

总的说来, 网络计划技术可应用于一切由多个工作过程组成的任务之中, 就是说, 在生产实际的各个领域它都有用武之地。概括起来下列几个方面可供参考:

- (1) 科研、工业、农业和资源开发的规划方面；
- (2) 建筑物或公路建设工程；
- (3) 战备作战方面；
- (4) 各种技术改造、革新项目计划。
- (5) 各种产品的研究、开发、试制及改进计划；
- (6) 各种设备的安装、改装和维修计划；
- (7) 工艺装备的生产计划；
- (8) 各种类型的调度、排序计划，等。

总之，网络计划技术的应用是多方面的，它将在实践中进一步为人们所认识，并将被越来越多的领域所应用。

第二节 网络图的基本概念

在网络计划中，用箭头和圆圈来表示一项计划工作之间关系的网络图，称为网络计划图，简称网络图或网络。

网络图是生产过程及其逻辑关系的综合描述，也是生产过程时间的模拟。它是网络计划技术的基础，应用和研究网络计划技术，首先要从网络图开始。

一、网络图的组成

网络图是由工作、事项、线路三个要素组成的。

1. 工作（活动、工序、作业）

在一个项目中，任何一个可以定义名称、独立存在、需要一定时间或资源完成的活动或任务都可看作一个工作。其具体内容可多可少，范围可大可小。例如，可以把整个产品设计作为一项工作，也可把产品设计中的每一道工序、任务作为一项工作。完成一项工作需要有人力、物力参加，占用一定的时间和空间。有些工作，如油漆后的干燥、等待材料等，它们虽不消耗资源，但是要消耗时间，在完成任务中，它们同样是一个不可缺少的过程。这些不消耗资源的等待结果过程也应视为工作。

在网络图中，一般用箭线表示一工作（也可以用圆圈表示），箭线所指方向表示工作的前进方向，箭线的尾端表示工作的开始，箭头表示工作的结束，从箭尾到箭头表示一项工作的作业过程。一般，工作名称标在箭线上方，工作时间标在箭线下方，如图 1—1 所示：

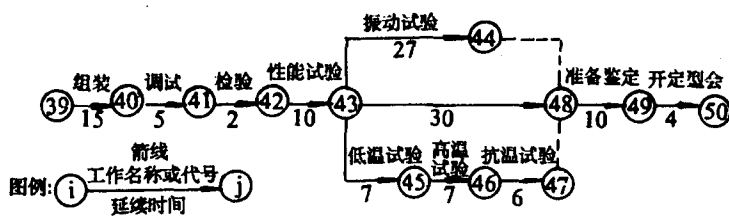


图 1—1

为计算方便，工作又可用其箭尾和箭头的两个事项号码来表示。图 1—1 中，“性能测试”这件工作就可记为 (42, 43)。

另外，工作这个概念还包含前后工作之间纯粹的依赖关系。例如某工作 M 的开始取决于 L 的结束，而 N 的开始要取决于 L 和 H 的结束。怎样来表达这四项工作之间的逻辑关系呢？此时，需要在工作 L 和 N 之间引入一件延续时间为零的假定工作 X，如图 1—2 (a) 所示。否则，就会画成图 1—2 (b) 的错误形式。对于图 1—2 (a) 就可以认为工作 N 的开始要依赖于工作 H 和 X 的结束。由于工作 X 的延续时间为零，故它的结束时刻也就是它的开始时刻，显然 X 的开始时刻也就是 L 的结束时刻，这就是说工作 N 依赖于 H 和 X，也就等价于依赖于工作 H 和 L。可见引入了这件假定的工作也就正确反映了前后工作的关系。这种延续时间为零的工作，通常称为虚工作。在网络中虚工作用虚线表示，但引入虚工作后会增加计算工作量，所以应使所绘网络中虚工作最少。

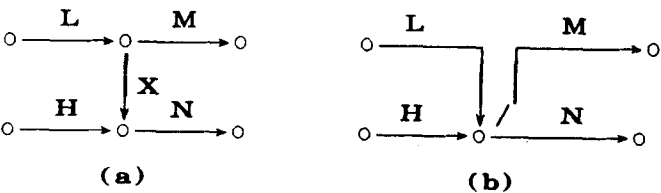


图 1—2

工作又可根据其性质和关系分为紧前工作和紧后工作。紧接在该工作前面（箭尾）的工作，称为紧前工作；紧接在该工作后面（箭头）的工作，称为紧后工作。一件工作相对于它的紧前工作来讲是紧后工作，而相对于它的紧后工作来讲是紧前工作，它的紧前工作或紧后工作可能是一件，也可能是几件。如图 1—3 中，工作 H 有紧前工作 F、G，又有紧后工作 R、J、K，它既是 F、G 的紧后工作，又同时是 R、J、K 的紧前工作。

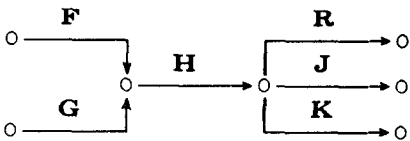


图 1—3

2. 事项 (事件、结点、节点)

每一项工作都存在一个开始时刻和结束时刻。一件工作若只有一件紧前工作，那么这件紧前工作的结束时刻，也就是该工作的可能开始时刻；一件工作若有数件紧前工作，则要待紧前工作全部结束后，才有可能开始做这件工作。这种紧前工作和紧后工作的结束和开始标志，称为事项。在网络图中，事项一般用圆圈表示，并且通常用数码标出，如图 1—4 所示：

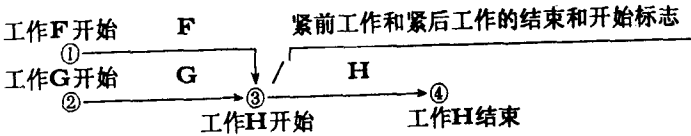


图 1—4

与工作不同，事项的延续时间是短暂的，所以它具有瞬时性；另外事项还具有把有关

工作衔接起来承上起下的交接作用，所以具有衔接性。

我们把事项的紧前工作的结束或紧后工作的开始，称为事项的实现（或完成）。显然，事项的实现取决于紧前工作的结束情况，只有所有紧前工作结束了，才能认为事项实现了。

在网络中任何一件工作都关联着两个事项。我们把箭尾的那个事项，称之为该工作的开始事项；在箭头的那个事项，称之为该工作的结束事项。一个事项可有一件或几件工作进入和一件或几件工作引出。同一事项既是引入工作的结束事项，又是引出工作的开始事项。网络图中的第一个事项，称为网络起始事项，它表示一项计划任务的开始。最后一个事项称为网络的终止事项，它表示一项计划任务的结束。介于网络起始事项和终止事项之间的事项，称中间事项。所有中间事项都是双重的，它既表示紧前工作的结束，又表示紧后工作的开始。

3. 线路

对于一个网络图，如果只认识事项和工作，还属于一种局部认识，满足不了实际的需要。为此需从整体上对网络图加以认识，以便掌握全局。“线路”就是从整体认识的一个基本方面，它是从网络图的起始事项开始，顺着箭线所指方向，连续不断地到达终止事项为止，中间由一系列首尾相连的事项和箭线所组成的通道。如图 1—5 中，由工作 A、D、E、G、I 组成的线路可记为 (1—>2—>3—>4—>6—>7)，即线路可用线路上的事项号码记述。

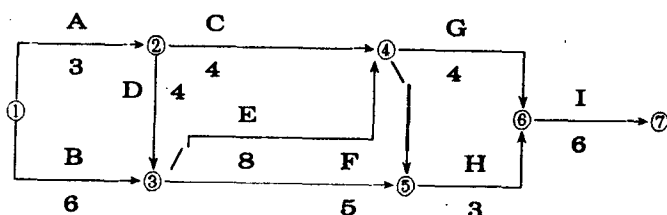


图 1—5

一条包含起始事项和终止事项的完整线路，若以中间某一事项（或工作）为界，可分解为该事项（或工作）的紧前线路和紧后线路。如上述线路若以事项③为界，则该事项的紧前线路为 (1—>2—>3)，紧后线路为 (3—>4—>6—>7)；若以工作 (3, 4) 为界，则该工作的紧前线路为 (1—>2—>3)，紧后线路为 (4—>5—>6)。另外，事项（或工作）的紧前线路和紧后线路可能不止一条。

一个网络从起始事项到终止事项的线路往往有许多条，对于图 1—5 从始点①到终点⑦的几条线路是：

- (1) (1—>2—>4—>6—>7)
- (2) (1—>2—>3—>4—>6—>7)
- (3) (1—>2—>3—>4—>5—>6—>7)
- (4) (1—>3—>4—>6—>7)
- (5) (1—>3—>4—>5—>6—>7)
- (6) (1—>3—>5—>6—>7)

(7) (1—>2—>5—>6—>7)

(8) (1—>2—>4—>5—>6—>7)

线路各项工作延续时间之和就是线路所需要的时间，即线路的路长。各线路的路长是：

(1) $3+4+4+6=17$

(2) $3+4+8+4+6=25$

(3) $3+4+8+0+3+6=24$

(4) $6+8+4+6=24$

(5) $6+8+0+3+6=23$

(6) $6+5+3+6=20$

(7) $3+4+5+3+6=21$

(8) $3+4+0+3+6=16$

比较上述各条线路的路长，可以看出其中有一条时间最长的线路，我们称其为关键线路，即主要矛盾线。关键线路所需的时间也就是完成整个计划任务所需的总时间。短于关键线路上的任何线路称为非关键线路。位于关键线路上的工作和事项称为关键工作和关键事项，其余工作和事项均称为非关键工作和非关键事项。对于上例第(2)条线路最长，为关键线路，其余均为非关键线路。“关键”与“非关键”的含义是针对任务完成时间影响的重要程度来讲的，所以关键工作并不一定是占用时间最长，使用资源最多或者技术上最复杂的工作。在网络图中，关键工作完成的快慢与否，直接影响着整个任务的完成，由于关键线路有着如此重要的作用，所以揭示关键线路就是网络计划的宗旨所在，关键线路在网络图中一般以双线或粗线标出，关于它的求法以后还要详细讨论。

二、绘制网络图的原则与要求

网络图的绘制应遵循下列原则：

(1) 在网络图中不允许出现循环线路（或闭合回路），即箭头从某一事项出发，只能自左向右前进，不能反向又重新回到该事项上去。这是因为任何一项任务或工作，都是一个从开始到结束的随时间推移而逐步进展的过程，而时间又是不可逆的，因此，工作也具有时间推移上的不可逆性。这一性质反映在网络中，就不该出现图 1—6 那样的闭合回路，这便是网络的非回路性。

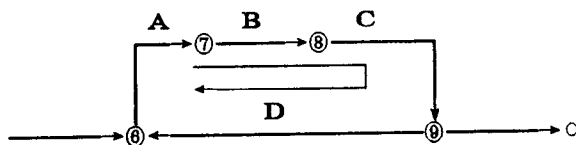


图 1—6

从图 1—6 可以看出：一方面，工作 A 取决于工作 D 的结束，工作 B 取决于工作 A，工作 C 取决于工作 B，由此便可推得工作 C 的结束要迟于工作 D 的结束；另一方面，工作 D 的开始又取决于工作 C 的结束。可见这是一个不可解决的矛盾，其中有的工作方向一定是画错了。

(2) 箭线的首尾都必须有事项，即不允许从一条箭线的中间引出另一条箭线来，这是由于进入某一事项的箭线，其工作全部完成后，从终事项引出的新的箭线工作才能开始。例如若某一工作 A 进行到一定程度后，工作 B 就可以开始，以后工作 A 与 B 同时进行。这时网络图就不能画成图 1—7 (a) 所示的形式，应画成图 1—7 (b) 的形式。

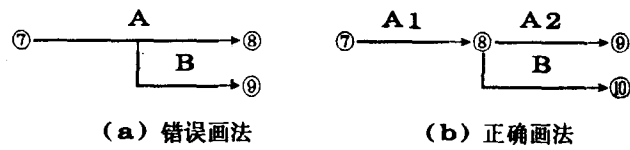


图 1—7

(3) 不允许在两个相邻事项之间有多条箭线：在一项计划中，常常会遇到共同开始事项和结束事项的平行工作。如图 1—8 (a) 中所示工作 I、J、K 为三件平行工作。我们曾

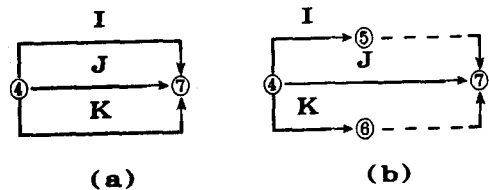


图 1—8

规定，一件工作可用同它关联的两个事项号码来表示，但图 1—8 (a) 那样表示的平行工作就不能说明工作 (4—7) 是 I、J、K 中的那一件工作，这样就会导致识别和计算上的错误。此时除一项工作可以直接连接之外，其余的工作都必须增加事项，引用虚工作予以分开，如图 1—8 (b) 所示。

(4) 网络图中不允许出现中断的线路，在一项计划中，所有工作之间都是互相联系的。因此，在网络图中除起始事项与终止事项外，其它事项前后都要用箭线连起来，不可中断，在图中不可有缺口，也就是说形成的网络必须是连续的。图 1—9 (a) 就是一个错误的画法。对于出现这种中断线路的网络，就应设法确定它的紧前工作和紧后工作。假定此时，工作 C 的紧后工作为 D，则可划成图 1—9 (b) 所示的形式。

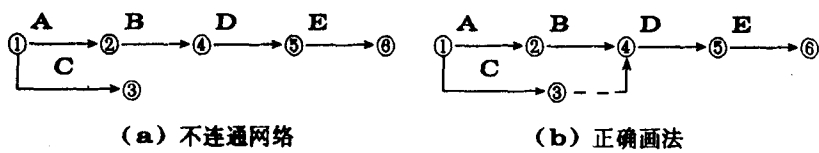


图 1—9

(5) 网络中不允许出现多个起始事项和终止事项的情况：因为任何一项计划都是一个系统的整体，从它的开始到结束都可归结为一个过程。因此若逆时间方向追溯，必然也只能找到一个“起始点”，若顺时间方向跟踪，必然也只能找到一个“完成点”。计划的这种性质反映到网络中去，就要求任何一个网络只允许有一个开始点一起始事项和一个完成点一终止事项。

在实际工作中如果发生了这种情况 (图 1—10 (a))，就应将没有紧前工作的工作用虚线同网络最初事项连接起来，将没紧后工作的工作用虚线同网络最终事项连接起来，如图 1—10 (b) 所示：

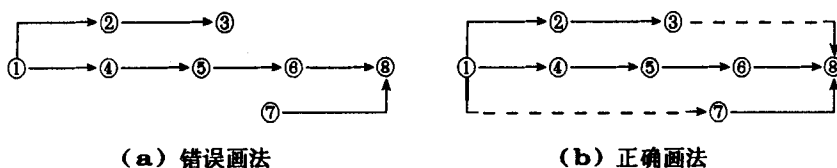


图 1—10

(6) 网络图的方向，按工艺流程的顺序，箭线的方向一直从左方开始，向右方延伸。如图 1—11 (b) 表示的方向是正确的，图 1—11 (a) 表示的方向是错误的。



图 1—11

(7) 网络图中各事项的编号是由左向右，由小到大，要满足工作的起始事项号小于工作的终止事项号，并且事项编号也不能重复。编号时最好采用非连续编号，即每编一个号空出几个号码，作为备用号，以对网络进行局部修改。如图 1—12 所示。

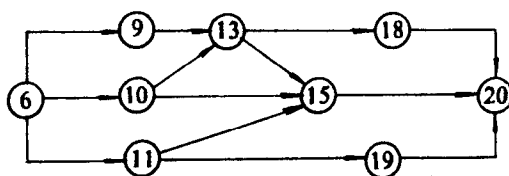


图 1—12

上述网络图的绘制原则，通常也称为网络逻辑。一张网络图只有符合网络逻辑的要求才能正确反映计划任务的内容，并为大多数人所接受。

绘制网络图时，还要注意以下几个具体问题：

(1) 网络中的箭线最好尽量用水平线或具有一段水平的折线，尽量不画或少画交叉线，在无法避免交叉线时，交叉线也可以直接通过，但最好用暗线或断线表示，如图 1—13(a) (b) (c) 所示。

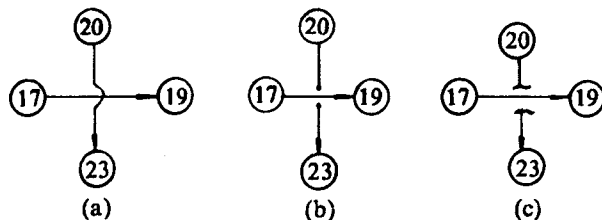


图 1—13

(2) 当某一个事项引入或引出的箭头太多而显得过分密集时，可以采用图 1—14 中的简化画法。使图面保持清晰。

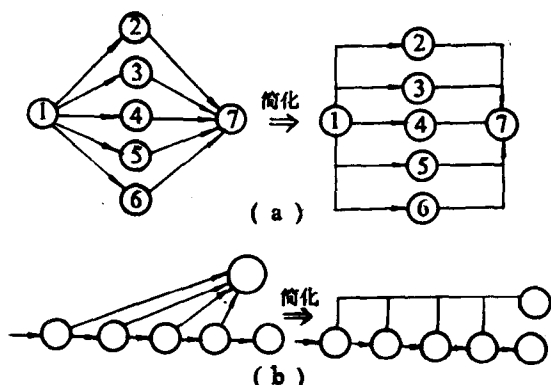


图 1—14

(3) 在网络图的布局过程中要突出重点，把关键线路、关键项目安排在图纸的中心位置，把联系紧密的工作尽量放在一起，使整个网络图条理清楚、结构整齐。图 1—15 是两个相同工作组成的网络图，这两个图都符合网络逻辑的要求，都是正确的。但图 1—15 (a) 是直接画出的草图，没有经过整理，布局显的杂乱无章，而图 1—15 (b) 是经过整理，注意了合理布局的网络图，比较清晰和合理化。

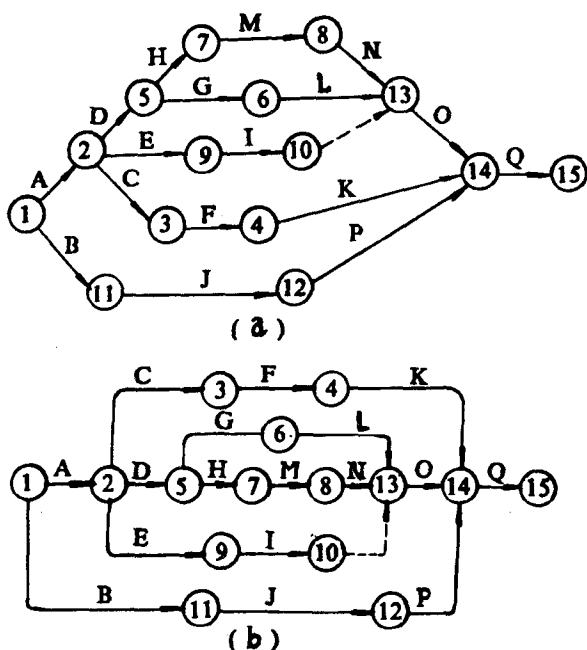


图 1—15

(4) 大型、复杂的工程项目，由于工序多，施工周期长，所以网络图可能很大，画在一张图纸上显得拥挤，图纸太大又不便使用，在这种情况下，可以将整个网络图划分成几个部分，分别画在几张图纸上，图的分断处应选择箭头和事项较少的位置，并在被分段的几张图纸上重复标出被切断处的事项编号，如图 1—16 所示。