

# 网络计划技术 在矿山企业管理 中的应用

巩维才 编

07.16

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书共分两部分，第一部分（1~3章）主要介绍了网络计划技术的一般概念，包括绘图、参数计算和网络优化；第二部分（4~10章）主要介绍了网络计划技术在煤矿企业管理应用的具体案例，有较强的实用性和指导性。每一章的开头都简述了本章特点，书后的附录有网络参数计算机程序及使用说明。

本书可作为矿山企业管理干部和计划管理人员自学用书，也可作为大专院校管理专业师生的教学参考书。

责任编辑：于 杰

## 网络计划技术 在矿山企业管理中的应用

巩 维 才 编

煤炭工业出版社 出版

（北京安定门外和平里北街21号）

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$  印张 $5^{1/4}$  插页6  
字数 138 千字 印数 1—1,310  
1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

ISBN 7-5020-0117-4/TD·112

书号 2999 定价 1.85元

## 前 言

随着现代化大生产的发展，生产规模扩大，工序之间的关系复杂。制约、协调各工序的顺序，定量地分析复杂生产的内部联系，找到规律并运用这些规律寻求经济效益的最优，已成为现代化管理的重要内容。网络计划技术正是在这种形势下发展起来的。

我国煤矿企业占用人员多，设备多，地质条件复杂，采用先进的网络技术就更为重要。计划评审法（PERT）和关键路线法（CPM）是网络计划技术的重要分支，应用广泛。本书以计划评审法和关键路线法为重点，介绍它们的应用，尤其要揭示它们在矿山企业应用中的特点。针对这些特点，合理地改变参数计算方法，合理地选择优化方式。为使读者阅读方便，书中第一至第三章介绍了网络技术的一般知识，第四至第十章全部为实例，并突出了应用特点，旨在提供给企业管理干部和有关业务人员在应用此法时应掌握的一些步骤和方法。

参加本书编写人员还有朱瑜（第五章）、王天平（第九、十章）郭荣星（附录部分）。丁浩东、潘益民、李凤威、孙兆林、牟林成和陈庆彬等同志为本书编写提供了基础资料。全书由王良、何国光、郭豫宏同志审阅，并提出了许多宝贵意见，在此一并致谢。

由于网络计划技术的应用尚属发展阶段，对于在煤炭系统应用中的许多特殊问题的处理，也尚待进一步探索与实践，更由于作者水平有限，书中难免有错漏不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1987年6月

# 目 录

## 第一部分 网络计划技术的基础知识

<b>第一章 网络计划技术的基本概念</b> .....	1
<b>第二章 网络图</b> .....	3
第一节 网络图及其画法 .....	3
第二节 网络图的参数及计算 .....	13
第三节 时间估计与非肯定型 .....	26
<b>第三章 网络图的优化</b> .....	29
第一节 时间优化与时间——资源优化 .....	29
第二节 时间——成本优化 .....	34
<b>第二部分 网络计划技术在煤矿中的应用</b>	
<b>第四章 网络计划技术在矿井生产能力查定中的应用</b> .....	47
<b>第五章 网络计划技术在采矿采掘接续安排中的应用</b> .....	56
〔案例1〕 编制采区采掘接续计划 .....	56
〔案例2〕 编制矿井年度采掘接续计划 .....	63
<b>第六章 网络计划技术在开拓延深工程中的应用</b> .....	82
〔案例〕 ××煤矿三水平延深工程网络计划 .....	82
<b>第七章 网络计划技术在综采工作面搬家中的应用</b> .....	92
〔案例〕 ××矿7413—→7414工作面搬家网络计划 .....	92
<b>第八章 网络计划技术在计划控制中的应用</b> .....	103
〔案例〕 ××矿工程计划的控制与反馈 .....	103
<b>第九章 网络计划技术在土建工程中的应用</b> .....	110
〔案例〕 用网络计划技术编制某土建工程施工进度计划 .....	110
<b>第十章 网络计划技术在设备大修中的应用</b> .....	140
〔案例〕 用网络计划技术编制7号机组电气设备大修计划 .....	140
<b>附录 网络参数计算机程序及使用说明</b> .....	160
<b>参考文献</b> .....	164

# 第一部分 网络计划 技术的基础知识

---

## 第一章 网络计划技术的基本概念

计划评审法 (PERT) 与关键线路法 (CPM) 在北极星导弹潜艇的制造与阿波罗宇宙飞船上天中发挥了很大的作用, 取得了举世共睹的成果。所以, 人们认为网络计划技术的应用是在泰勒 (科学管理之父)、甘特 (工序管理主要程序甘特图的发明人) 之后又一次管理革命。

PERT和CPM的基本原理是应用网络图来表达一个系统或某项工程的计划, 直观而清楚的反映生产过程的顺序、交叉和平行关系, 通过参数计算借以分析各工序在网络计划图中的地位, 并重新安排 (优化) 取得理想的效果。PERT和CPM的区别在于: PERT是以三种估计时间 (乐观、悲观、正常) 来确定工序延续时间; CPM则是以定额或经验数据来确定工序延续时间。因此, 有人把前者称为非肯定型, 后者称为肯定型。我们认为把两者统一起来介绍较为方便。

为了帮助读者理解网络计划技术的基本概念, 我们举一个日常生活中的实例。

某家庭夫妇两人安排家务, 要求在上午9时开始至11:30分以前结束, 随后出门开会。

具体做家务所需时间为: 洗衣3小时, 烧饭1小时, 吃饭0.5小时。

根据上述要求可作如下初步安排：

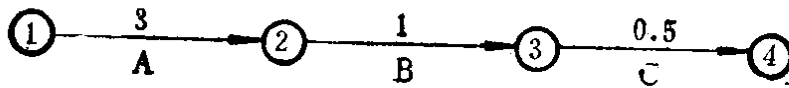


图 1-1a 初步安排家务的网络图

A—洗衣，B—烧饭，C—吃饭

按上述顺序工作，要到下午1:30分才能做完家务，不能满足11:30分出门开会的要求。

改变图1-1a的安排一个人洗衣服，一个人烧饭，平行作业。得到图1-1b。

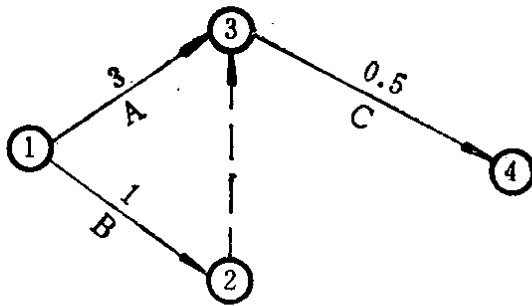


图 1-1b 改进后的安排家务的网络图

按图1-1b安排家务，到12:30分结束，仍不能按时去开会。

再改变图1-1b，1人洗2/3衣服占2小时，一人洗1/3衣服占1小时，再做饭占1小时，吃饭0.5小时，共2.5小时得到图

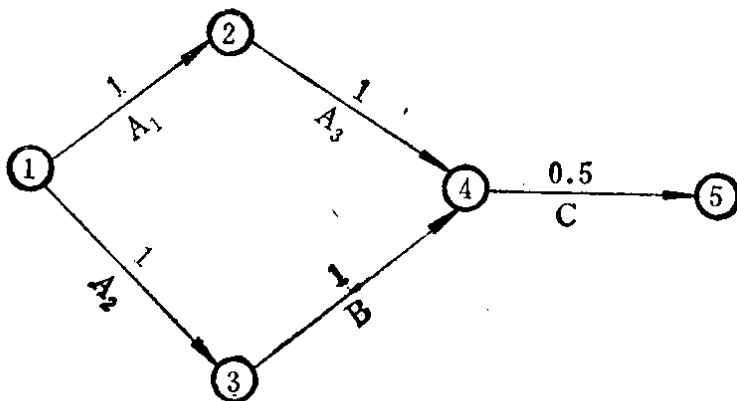


图 1-1c 满意的安排家务的网络图

1-1 c。

按图1-1 c 安排家务，11:30分可以准时去开会。

从上面这个简单例子中，我们可以看出在安排复杂的工程项目（工序）时需进行计算，并根据计算结果重新安排工序的顺序或调整工序延续时间，使整个工程满足一定的要求。电子计算机的应用为网络计划的参数计算提供了有利的条件，这也是当今网络计划技术能蓬勃发展的原因之一。

网络计划技术的应用已在各国得到发展，据大量工程实践证明，应用网络技术可缩短工期20%，节约费用10~15%以上。美国土木工程协会会刊评论说：“PERT、CPM是目前仅有的计划管理新方法。并且在可以预见的将来（5~10年内）不会出现新的方法替代它，因此我们应该享有它、使用它、改进它。”

六十年代初期华罗庚教授将网络计划技术引入我国，并在许多工程项目中应用，取得了可喜的成果。煤炭系统的邯郸、兖州、两淮都在矿区建设工程项目的计划安排中使用过网络计划技术。结合矿山企业的特点，它主要应用在以下几方面：

- （1）生产能力的查定及平衡；
- （2）新建和改、扩建工程计划；
- （3）采、掘工作安排；
- （4）综采工作面搬家计划；
- （5）设备安装和执行计划；
- （6）计划的控制和反馈。

本书第四~十章中将用实例说明网络计划技术在应用中的特点及应掌握的要领。

## 第二章 网 络 图

### 第一节 网络图及其画法

网络图是指按照一定的规则所绘制的反映工序间逻辑关系的

一种特定的图（又称统筹图，工序流程图）。网络计划技术是建立在网络图的基础上进行定量的分析和优化。因此，要掌握网络计划技术必须先对网络图有一个概括的了解。

### 一、网络图的组成

一项工程，一个生产任务都是由许多活动组成的。这些活动可以叫做工序（或工作）各工序之间存在着一定的联系和制约。由于工艺和组织的要求，有的工序要先做，有的工序要后做。例如：采矿工程中集中运输巷做通以后才能做采区石门；综机工作面搬家时先拆除支架、采煤机、输送机，才能陆续交付修理，最后进行新工作面的安装和试运转。有的工序也可以平行进行，例如：采矿工程中采煤工作面的上、下顺槽，腰巷。

如果我们把一道工序用一支箭来表示。箭尾和箭头分别表示这道工序的开工和完工，有多少道工序就有多少支箭。箭杆上方是完成这道工序所需要的时间（称为工序时间）或所需要的其它资源。在相邻工序之间的交接处画一圆圈，表示相邻工序的交接点（事项），为了便于识别，检查和进行计算，顺序的编上号表示出它们的先后关系（这种关系称为路）。

网络图是由工序、事项、路三部分组成。

#### 1. 工序

工序是一项具体活动内容，需要一定资源（人力、设备、资金、材料等），要经过一定时间后才能完成的生产过程或活动过程。每一个工序都有其各自特定的内容和完成的指标要求，并且都有它们自己的开始和结束（即单义性）。在实际工作中，某些由于技术性工休等引起的停歇也应看作是一道工序，如：混凝土或水泥砂浆的养护、吹散炮烟等它是只消耗时间，不消耗原料、设备等资源的工序。另外还有一种工序，它不需要消耗任何资源（包括时间），它只表明一个工序与另一个工序之间的相互依存和相互制约的关系，称为虚工序，在网络图上通常用虚箭号或“0”箭号来表示。

一个工序完成以后，后面紧接着要做的工序称为该工序的紧





的。图2-2中事项③完成必须是B、C两道工序都已完成，而B、C中任一道工序没有完成，事项③也就没有完成，当然EF二道工序也不能开始。

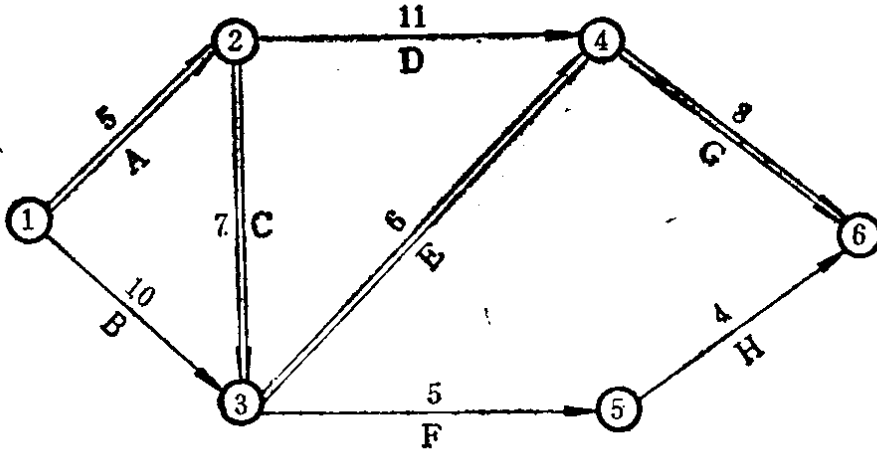


图 2-2 事项间相互关系网络图

如果某工序在事项  $i$  开始，在事项  $j$  结束，则用工序 ( $i$ 、 $j$ ) 表示。

### 3. 路

在网络图中，路一般指从起点开始顺着箭头所指的方向连续不断到达终点为止的一条通道。显然一个网络图上可以有若干条路。例如图2-2中，从起点①开始连续不断地走到终点⑥的路有：

- ① → ② → ③ → ④ → ⑥
- ① → ② → ④ → ⑥
- ① → ② → ③ → ⑤ → ⑥
- ① → ③ → ④ → ⑥
- ① → ③ → ⑤ → ⑥

路的长短是指在这条路上所有各工序的长度（如时间、资源、能力等）之和。

图2-2中，各条路的长依次为：26、24、21、24、19。在所有的路线当中，最长的路线称之为关键路线（在查定矿井生产能力时是以长度小的为关键路线。在采煤和准备工作中以采煤为关键路线）图2-2中的① → ② → ③ → ④ → ⑥就是关键路线。关

键路线上的工序称为关键工序。关键路线决定着整个工程的完工期，是本工程按此网络施工中的关键所在。当然，在一个网络图中关键路线往往不只一条（即有几条路线的施工总持续时间相同）。关键路线越多，说明工序安排的越合理，这时就更要加强管理，严格控制，注意非关键线路可能转化为关键线路，加强对计划的反馈，以保证任务的按期完成。

## 二、网络图的画法

网络图是网络计划技术的基础。一个正确的网络图应当在图上准确的反映出整个工程各个工序之间的制约关系。

一般讲，网络图的画出由以下几个步骤入手：

### 1. 任务的分解

任务的分解是指把一个工程（或任务）分解为工序，并根据工艺或组织的要求确定各工序间的先后次序和联系。一项工程（或任务）的工序分解数目应根据需要而定。可以粗，也可以细。

编制网络图时要结合各种客观因素考虑工序之间的顺序关系，进行反复地平衡和修改。

工程（或任务）经过分解后，可将工序的名称和本工序与前后工序的联系汇编成清单形式。

例如对一台机床的大修理进行分解后，它的工序名称和工序间的相互联系。可列成表2-1的形式（工程简单可根据各工序间的相互关系直接分解画图）。

### 2. 画图

知道了工序名称和先后顺序后，就可以画图了。画图从第一道工序开始，以一支箭代表一道工序，依工序的先后顺序和衔接关系，一支箭接一支箭地自左向右画，直到最后一个工序为止，在箭与箭的分界处画一个圆圈，再在起始工序的箭尾处、终点工序的箭头处画一个圆圈代表起点与终点。

上述机床大修的网络图见图2-3。

### 3. 编号

表 2-1 机床大修理时所需各工序名称和工序间相互联系

序 号	工序代号	工 序 名 称	紧后工序代号
1	A	拆 卸	B、C
2	B	清 洗	D
3	C	电器检修和安装	J
4	D	检 查	E、F
5	E	零件修理	G
6	F	变速箱零件加工修理	I
7	G	床身与工作台研合	H
8	H	部件组装	J
9	I	变速箱组装	J
10	J	总装配和试车	

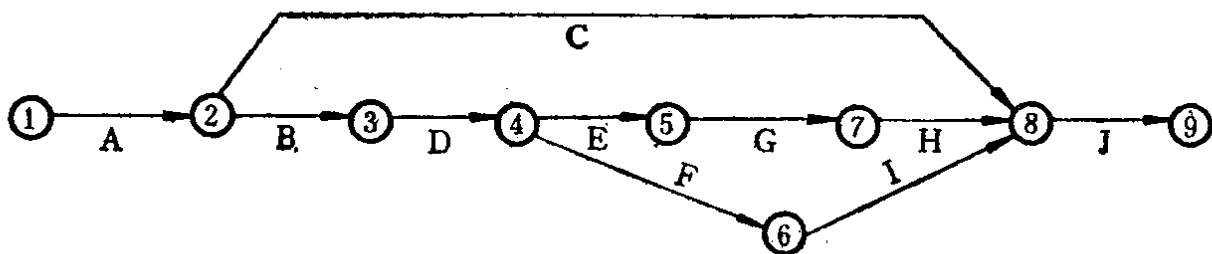


图 2-3 机床大修网络图

一个工序应有一个顺序号，不应重复。一个工序的两个相关事项  $i$ 、 $j$ ，应符合  $i < j$  的原则。自左至右自上而下逐个进行。号数逐个加大。有时为了修改网络图的方便中间可以留空号。

具体做法如下：

1) 编号时，先找出该图中的始点事项，把它编为 1 号。若有几个始点事项，则将它们自上向下依次编号。

2) 凡已编号的节点连同从它发出的箭一起划去，于是又出现一个或若干个新的始点事项，再按上述方法自上向下依次编号。见图 2-4。

#### 4. 注意事项

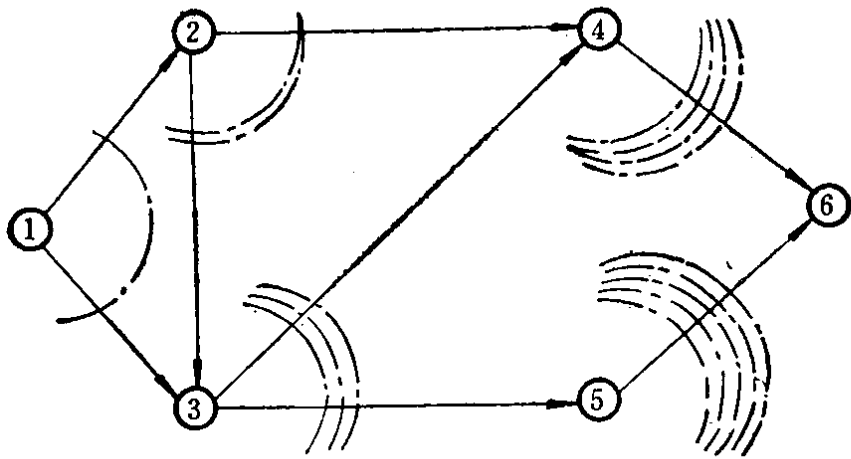


图 2-4 工序编号方法图

在网络图的绘制过程中，要注意以下一些问题：

1) 必须按工序的先后顺序画图 如工序A完成才能进行工序B和C，工序D和E都完成才能进行工序F，见图2-5 a、b。

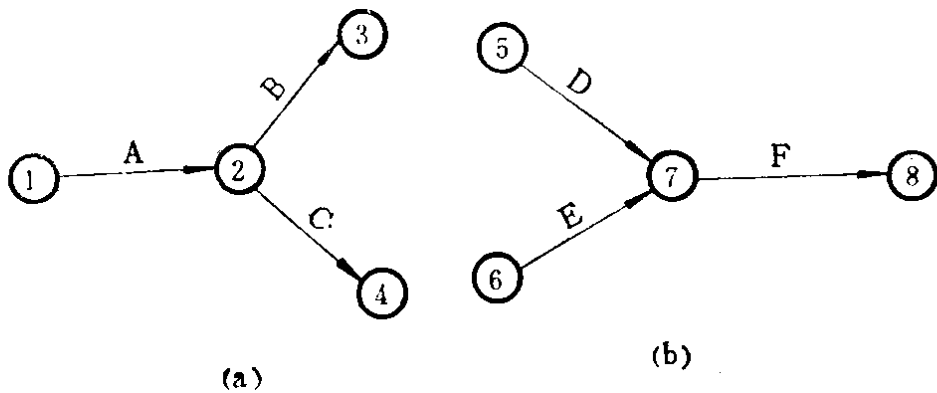


图 2-5 网络图中工序的绘制方法

2) 在网络图上不应有“回路”出现 不允许从一点出发又回到这一点上。如图2-6中的节点②。

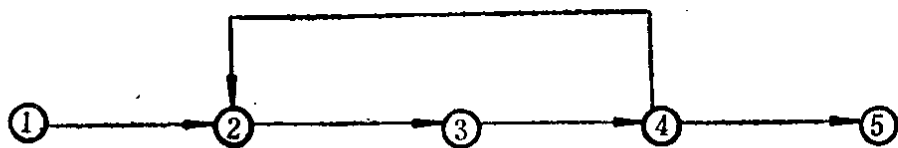


图 2-6 网络图中错误的“回路”划法

3) 不能有两道和两道以上编号相同的工序 两个事项间只能有一道工序, 如图2-7所示的情况是不允许的。

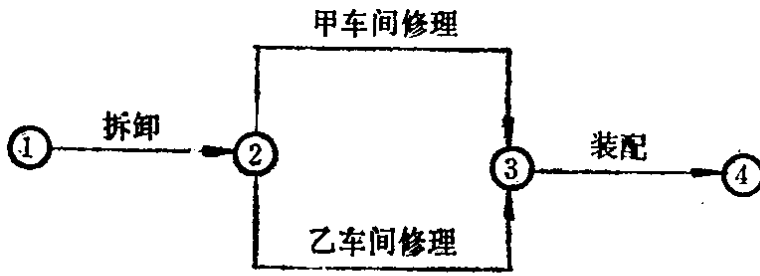


图 2-7 网络图中有相同编号工序的错误画法

4) 虚工序的运用 图2-8的画法违背了网络图工序单意性的原则, ②→③工序同时代表了两个任务, 这种情况在网络图上应采用虚工序画法。正确画法见图2-8。

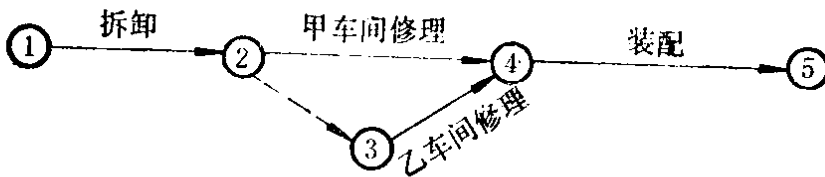


图 2-8 网络图中违背了工序单意性的错误画法

图2-9显示出虚工序的必要性, 它表示A、C工序必须在甲、乙工序完成的基础上进行, 而工序B应在甲、乙两工序都完成的基础上进行。

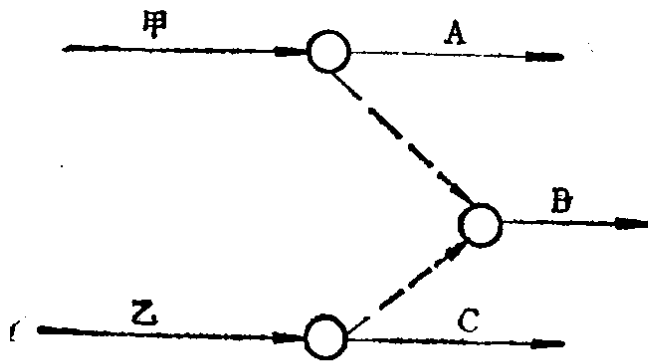


图 2-9 网络图中虚工序正确画法

在把一个任务拆成两个任务时（一条巷道从两头对掘），也要引进虚工序。例如，要把图2-10 a 中任务⑩→⑳分拆为两个任务⑩→㉑、⑪→㉑时也要使用--->（虚工序），即图2-10 b。

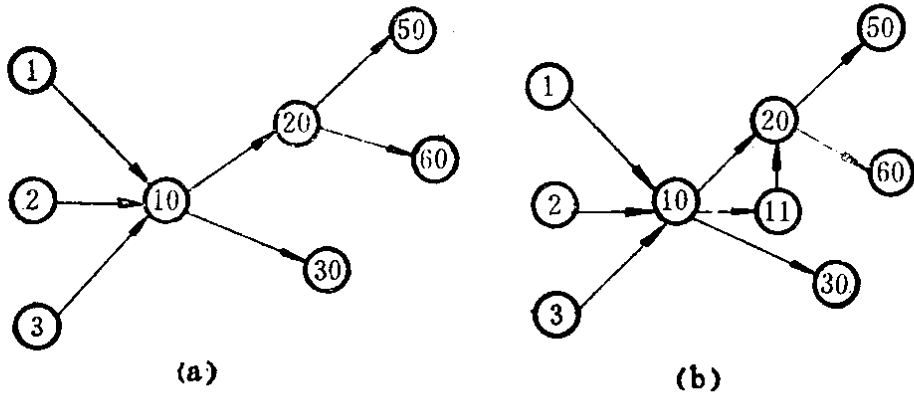


图 2-10 网络图中引入虚工序正确划法

又如在巷道掘进中，同时有三个凿岩机平行作业，网络图中虚工序画成图2-11的形式。

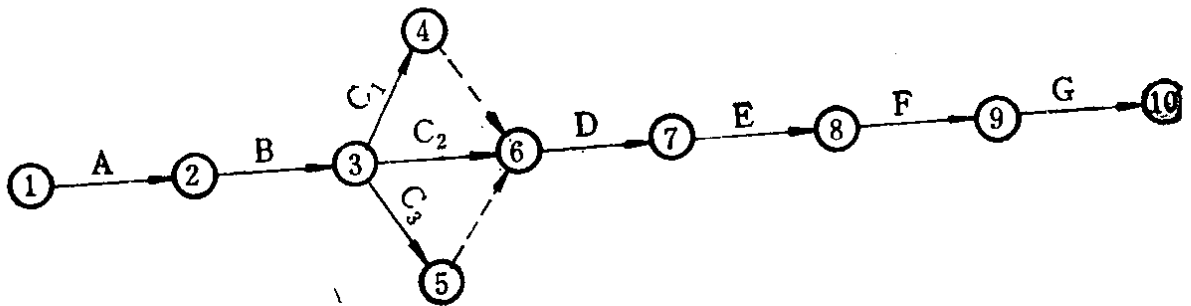


图 2-11 网络图中平行作业时引入虚工序划法

A—准备；B、F—敲帮问顶；C<sub>1</sub>—第一部凿岩机；C<sub>2</sub>—第二部凿岩机；C<sub>3</sub>—第三部凿岩机；D—装药；E—放炮、通风；G—装岩

5) 交错作业的表示方法 在可能的情况下,为了加快速度,不等前一道工序全部完成就开始后一道工序,如掘进和砌碛可在不同的区段交叉进行。其表示方法如图2-12。

6) 图的简化 有时为了使网络图更加醒目(例如:交上级机关掌握的网络图),可以将网络图上有共同开工事项和完工事项,又属同一单位完成的过细工序合并成为几道较为综合的工

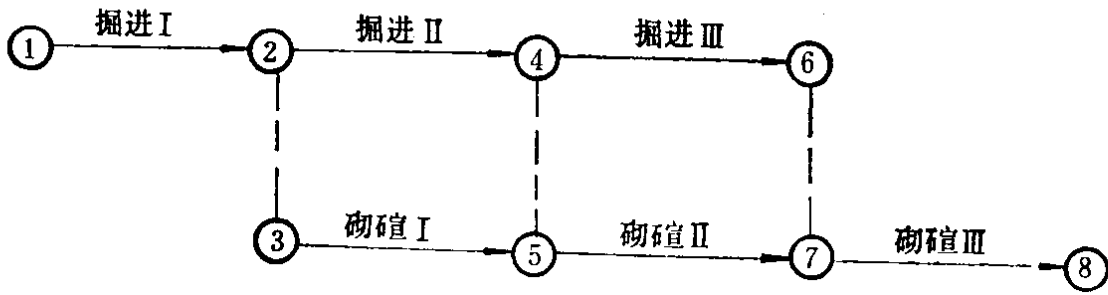


图 2-12 平行交叉作业表示方法

序。图2-13可简化为图2-14（箭杆上方数字为工序延续时间）。

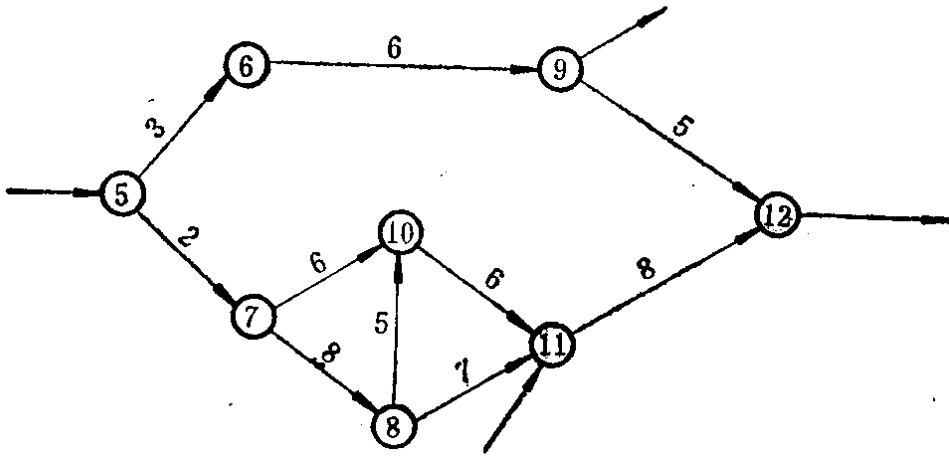


图 2-13 网络图中详细表示方式

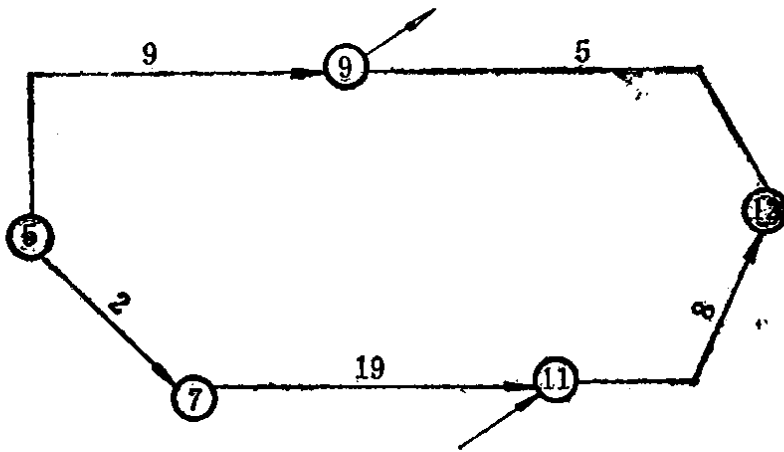


图 2-14 网络图的简化表示方式

合并后的工时，按原图中最长路线的长度计算，如图2-14中⑤→⑨的工时为⑤→⑥，⑥→⑨工序工时之和： $3 + 6 = 9$ ，⑦→



①工序为 $8 + 5 + 6 = 19$ 。

除以上所讲网络的逻辑要求外，还要注意网络图要清晰醒目、简单明了，重点突出。

## 第二节 网络图的参数及计算

### 一、各参数的定义及代号

为了对网络图进行计算，使其适应工程管理和控制反馈的需要，规定各个参数都应由代号表示。

1. 工序延续时间  $t_{(i, j)}$

表示完成工序  $i - j$  所需的时间。

2. 事项最早可能开始时间 ( $T_{ES(i)}$ )

这是从始点事项起到某事项的最长路线时间之和。

3. 工序最早可能开工时间  $T_{ES(i, j)}$

指工序只有到这个时间它的紧前工序才能完成，本工序才能开始。

4. 工序的最早可能完工时间  $T_{EF(i, j)}$

工序的最早可能完工时间，就是  $i$  事项的最早可能开工时间加上完成本工序 ( $i, j$ ) 所需要的时间。

$$T_{EF(i, j)} = T_{ES(i)} + t_{(i, j)}$$

5. 事项的最迟完工时间  $T_{LF(i)}$

指该事项必需在此时间以前完工，否则会影响整个工期。

6. 工序最迟必须开工时间  $T_{LS(i, j)}$

如果晚于这个时间开工必将延长总工期。关键线路上工序的最迟必须开工时间也就是该工序始点事项 ( $i$ ) 的最迟必须完工时间。

7. 工序的最迟必须完工时间  $T_{LF(i, j)}$ ：

就是工序最迟必须开工时间加上完成本工序所需要的时间，

$$T_{LF(i, j)} = T_{LS(i, j)} + t_{(i, j)}$$

终点事项  $T_{LF(i, j)} =$  总完工期。

8. 工序的总时差  $R_{(i, j)}$  和单时差  $r_{(i, j)}$ ；