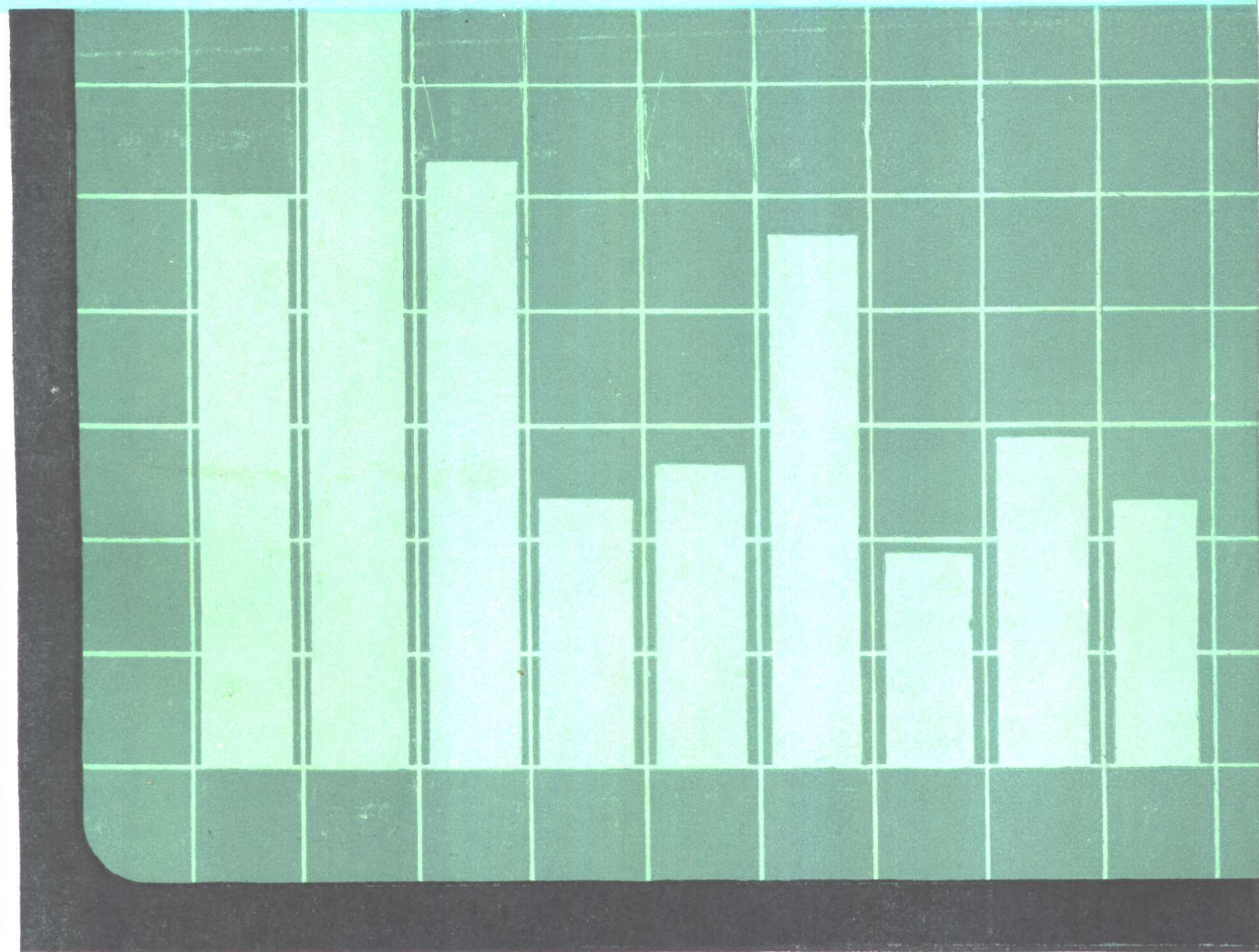


计算机培训教材

微型计算机辅助计划调度

吴洪来 陈强璋 陈世霖 编



清华大学出版社

29.185

8806044

微型计算机辅助计划调度

吴洪来 陈强璋 陈世霖 编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书分为三部分。第一部分介绍用统筹方法做计划调度的基本概念和基本方法;第二部分通过一个应用实例详细介绍计划调度程序Visi Schedule的功能和使用方法;第三部分是附录,它列入了计划调度程序中用到的菜单、各种选择项、出错信息、键盘使用等参考资料,以备查阅。

本书适于具有中等以上文化程度的计划调度人员和管理人员,以及计算机应用工作者学习和参考。

微型计算机辅助计划调度

吴洪来 陈强璋 陈世霖 编

★

清华大学出版社出版

(北京清华园)

河北香河县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

★

开本: 787×1092 1/16 印张: 9 字数: 390 千字

1987年 7 月第1版 1987年 7 月第1次印刷

印数: 00001—12000

统一书号: 15235·291 定价: 1.90 元

序 言

本书是中国计算机学会教育与培训分会、中国计算机技术服务公司计算机技术培训网教材编委会指定编写的微型机应用软件教学丛书之一。它向广大计算机用户、特别是管理人员介绍计划调度的基本原理,以及在长城0520或IBM-PC微型计算机上利用应用软件VisiSchedule做计划调度的具体方法。

从大型现代化工程项目(例如人造地球卫星、导弹系统、海洋工程等)的开发,到企业生产计划的制订、设备维修、新产品试制、以及远景规划的制订、组织机构的调整等等,大都是技术复杂、协作单位多、研制周期长,耗费资金与资源多、各种关系错综复杂的任务,如果没有周密的计划和科学的调度,就会使工程陷于混乱,甚至无法控制。

从1957年开始,美国杜帮公司在建设化工厂时首次采用了关键路径法(CPM),使该项工程提前两年完成,以后又用于化工厂的大修工程,在一年内节约了一百万美元。1958年,美国海军部特种计划局(SPO)首次把计划评审技术(PERT)应用于北极星导弹潜艇的研制工作(该项工程包括3000道工序、23个网络),由于应用了PERT,使该项工程总工期缩短了一年。60年代,世界各国陆续把PERT应用于工业、农业、国防和科学技术的计划与管理。1962年,美国政府作出决定:一切新开发的工程项目都必须应用PERT,否则一律不予批准。

我国著名科学家华罗庚教授在60年代就致力于宣传和推广PERT,把它称为“统筹方法”。他亲自深入各大工业区和大工程项目,组织和训练人材,使统筹方法在国民经济各部门中推广使用,并取得了显著的效果。

统筹方法具有以下优点:(1)能明确地表示出各工序间的顺序关系;(2)对每一工序周期有合理的估计,便于掌握进度;(3)能找出影响全局的关键工序和关键路径,以便从全局出发,抓住关键,统筹安排,合理地组织和指挥生产;(4)可应用最优化技术,从许多方案中选择最优的计划调度方案,所谓最优的计划调度方案,就是在成本和资源(人力、物力、设备能力)限制的前提下,尽量提高质量,缩短工期,节约投资,提高效率,降低消耗的方案;(5)算法比较简单,容易学习,便于推广使用。

用手工绘制网络并完成对网络的分析,不仅可能要花费几个星期甚至几个月时间,更重要的是,最初的计划并不就是以后发展的实际情况,任何一道工序的延误或者所需人力、设备的短缺等变化,都要求尽快修订原计划,及时作出新的计划调度方案,而要完成这样的任务,手工方式就不能适应了。但在长城0520或IBM-PC微型计算机上使用VisiSchedule应用软件,上述问题便可轻而易举地加以解决:不但能自动地给出计划调度方案,计算出各个时期的人力需求及费用,还能告诉你当某一道工序脱节时将会发生什么情况,并允许对原计划调度方案进行修改,它还可以用几种不同的方式打印出计划调度方案的书面报告。

VisiSchedule以菜单方式接受用户符合程序要求的选择,输入计划调度所需的信息,最后以屏幕显示和打印书面报告的形式给出计划调度方案。

本书分为三部分。第一部分介绍用统筹方法做计划调度的基本概念和基本算法,并通过一些例子帮助读者学习和掌握它。第二部分是本书的主要部分,它通过一个应用实例详细地

介绍计划调度程序VisiSchedule的功能和使用方法。第三部分是附录，它列入了计划调度程序中用到的菜单、各种选择项、出错信息、键盘使用等参考资料，以备查阅。

本书适于具有中等以上文化程度的计划调度人员和管理人员，以及计算机应用工作者学习和参考，不要求读者具有计算机方面的专门知识和训练。但是，读者应具有有关工程项目的工艺流程、工种定额分配等方面的基础知识和经验。此外，还要求读者掌握一定数量的英语单词，以便了解在屏幕上显示的字符的含义。

学习本书的方法最好是边学边练，进而与自己所承担的课题结合起来。

中国计算机技术服务公司周明德同志审阅了全部书稿，提出了许多宝贵意见，作者已参考这些意见对原稿作了修改。中国计算机技术服务公司王亚民同志也审阅了全书。作者在这里向他们表示感谢。由于作者知识水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，望读者批评指正。

作 者

1985年6月

目 录

序言

第一部分 计划调度基础

第一章 计划调度与网络图	1
§ 1.1 计划调度网络图的基本要素.....	1
§ 1.2 网络图的构成与表示.....	2
§ 1.3 网络图的简化与合并.....	4
第二章 计划调度网络图的计算	5
§ 2.1 带日历的网络图中的主要时间参数.....	5
§ 2.2 工序的松弛时间与关键路径.....	5
第三章 网络图的调整与优化	7
§ 3.1 工序周期的合理确定.....	7
§ 3.2 计划工期的调整.....	7
§ 3.3 执行过程中的检查和调整.....	8
§ 3.4 降低成本与合理利用资源.....	11
第二部分 用计算机绘制计划调度网络图	
第四章 计划调度程序的开工	16
§ 4.1 计划调度程序的结构和简单用法.....	16
§ 4.2 计划调度程序的启动.....	17
§ 4.3 输入开始信息.....	19
§ 4.4 主菜单.....	20
第五章 创建一个计划调度方案	22
§ 5.1 计划描述.....	22
§ 5.2 工种和工资级别.....	24
§ 5.3 非工作周与休息日信息.....	26
§ 5.4 输入工序.....	27
§ 5.5 加上或插进一道工序.....	30
§ 5.6 修改工序数据.....	33
§ 5.7 整理进度安排表.....	33
§ 5.8 打印进度安排表.....	35
§ 5.9 计划文件的维护与使用.....	36
第六章 跟踪和修改计划调度方案	42
§ 6.1 移动进度安排表.....	42
§ 6.2 修改进度安排表.....	43
§ 6.3 显示信息.....	46
§ 6.4 平衡人力需求.....	49

第七章 打印计划调度报告	51
§7.1 打印机设置	51
§7.2 打印计划描述报告	52
§7.3 打印工序描述报告	54
§7.4 打印列表工序报告	57
§7.5 打印进度安排表	59
§7.6 打印全部报告	59
第八章 应用实例	61
§8.1 序言	61
§8.2 计划调度方案的建立	61
§8.3 跟踪和修改	94
§8.4 其它应用	94

第三部分 附录

第九章 参考	95
§9.1 菜单	95
§9.2 选择项	104
§9.3 出错信息	126
§9.4 IBM 键盘使用	130
§9.5 打印机	131
§9.6 传送计划调度数据给 VisiCalc 程序使用	134

第一部分 计划调度基础

第一章 计划调度与网络图

§ 1.1 计划调度网络图的基本要素

1. 工程（计划）

我们通常把建一座大楼，造一座电站，架一座桥梁，修一道水坝，研制或生产一种新产品，维修一台机器设备，完成一次运输任务，组织一个战役，建立一个学校，完成一项教学计划，甚至是召开一次会议等有关研究、开发、生产、基建、行政方面的有系统的工作，统称为一项“工程”或一个“计划”。凡是“工程”或“计划”的实现都有个安排问题，谁先谁后，在各个阶段各需多少人力、物资、资金、甚至空间场所。推而广之，日常生活中的许多问题，也是“工程”问题，也需要巧加安排。

2. 工序（作业）

为了完成一项工程或一个计划，有必要根据总的目标，考虑到它的复杂性，并行工作的可能性，把它分解成很多项具体工作，这些具体工作在网络中被称为“工序”或“作业”。每一具体的“工序”或“作业”，往往需要一定的人力、资金、设备、原材料和时间才能完成。例如，工厂根据市场需要要生产一种新产品，它就要经历如下阶段的工作，或者说要经历如下各道工序：产品设计，工艺设计，产品试制，零部件生产，整机装配，包装销售。这些工序必须以一定的先后次序组织起来才行，网络图是用来表示这种先后次序的有力手段。图 1-1 就是上面提到的例子的网络图，图上的箭头线代表一道道工序。

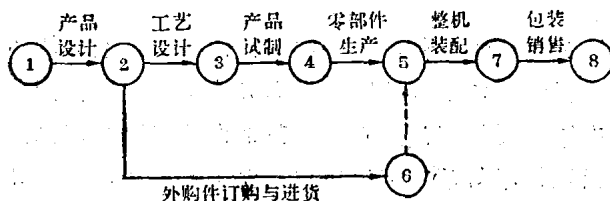


图 1-1 新产品试制的流程图

显然，将一个工程科学地、合理地分解成各道工序，是顺利地完成工程，也是画好计划调度网络图的先决条件。

3. 事项

一项工程或一道工序的“开始”或“结束”被称为一个事项。它仅仅作为网络图的局部

阶段的时间标志,不需要任何时间、人力、物资和资金的消耗,但它却是网络图中不可省略的因素。一道工序完成之后进入到下一道工序,这意味着中间经过了一个事项。前面图 1-1 中的注有编号的结点,代表了各种事项。

§ 1.2 网络图的构成与表示

对一项工程,根据它的内在联系和要求,根据其研制、生产或工艺流程中的先后关系和工作任务的性质、时间、空间方面的区别,把它分成许多独立的、而又相互联系的工序,这叫作分工序。

分工序的目的是为了便于组织和控制生产过程的进行。分工序首先要求定工时;定该阶段需要的工种及人数;定它在流程中的逻辑关系,即它的紧前工序是什么,也就是它要在哪几道工序完成之后方能开工;定资金消耗。所以分工序在工程计划调度网络图绘制过程中至关重要,是关键性的一步。

由于各种形式的计划调度网络图都可转化成带有时间坐标的网络图,所以本书所谈到的网络图都是带有时间的日历网络图。它是一张在计算机屏幕上或打印纸上以时间轴为横坐标、以各道工序为纵坐标的、带箭头的横道图。它以一条箭头线表示一道工序,以箭尾表示该工序的开始事项,以箭头表示该工序的结束事项,而不再象通常所用的网络图那样用圆圈来表示事项。如图 1-2 所示。

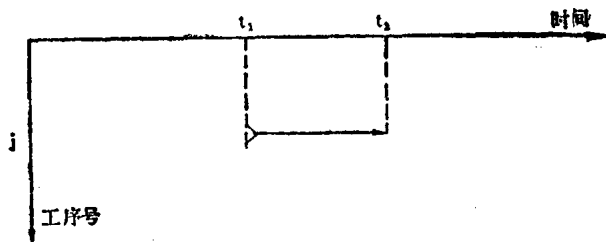


图 1-2 工序示意图

它表示第 j 道工序是从时刻 t_1 开始到时刻 t_2 结束。

在画这种网络图时特别需要搞清的是:①本工序的前提;②与它并行的工序是哪几道工序;③在本工序完工以前什么工序是不能开始的,即要确定其逻辑关系:它的紧前工序、并行工序和后继工序,工程的起点(无紧前工序的事项),工程的终点(无后继工序的事项)。

彻底弄清这种逻辑关系是使工程得以顺利进行的保证。如果能巧妙地利用并行作业和交叉作业,则能使整个工程的工期得以缩短,人力及物资的运用都能更好地取得均衡。

例 某公司决定推销一项新产品,它将从制造商那里购买产品,包装后销售给按地理位置选择的若干家分公司销售服务部,市场研究指明了预期的销售量及所需的销售能力,于是规划了以下所列的各项步骤。

如果把这些活动一项一项串联起来,做完一项后再做第二项,这样从组织销售处开始到运出首批货品,实际上就需要有 81 周时间。这当然是很不科学的。如果我们仔细地分析各项活动的内在联系,则整个活动所需的时间就会短得多。在一开始就可以把组织销售处、订货和设计包装三项活动同时开展,然后就可以指定推销员、选择广告经办机构、建立包装车

活动	说明	时间(周)
a	组织销售处	6
b	指定推销员	4
c	训练推销员	7
d	选择广告经办单位	2
e	规划广告活动	4
f	开展广告活动	10
g	设计包装	2
h	建立包装车间	10
i	包装首批货品	6
j	从制造商处订货	13
k	选择销售分公司	9
l	销售给分公司	3
m	运出货品	5

间, ……等等。最后, 我们就可以得出一张新产品推销的先后关系图, 如图 1-3 所示。

如果按照这种安排, 则25周就能完成首批货品运出。

例 一个金工车间安排车床大修, 排出的工序明细表如下:

根据所确定的关系, 立即就能在计算机屏幕上画出一张符合要求的网络图。如图 1-4 所示。

带日历的网络图的缺点是难于直观地看出各道工序自身的紧前工序。例如这里的工序 G 和 H, 它们分别以 E 和 F 作为自己的紧前工序, 但在图 1-4 中就不能像普通网络图 (见图

1-5) 那样明确地表示出来。但是带日历的网络图强调的是时间, 即到了第七天的下午, G 和 H 这两道工序都可开工这一事实, 此外它也很直观地可以看出每个阶段有多少工序在工作, 进一步还能立即知道每天需要多少工种、人工和资金等等。

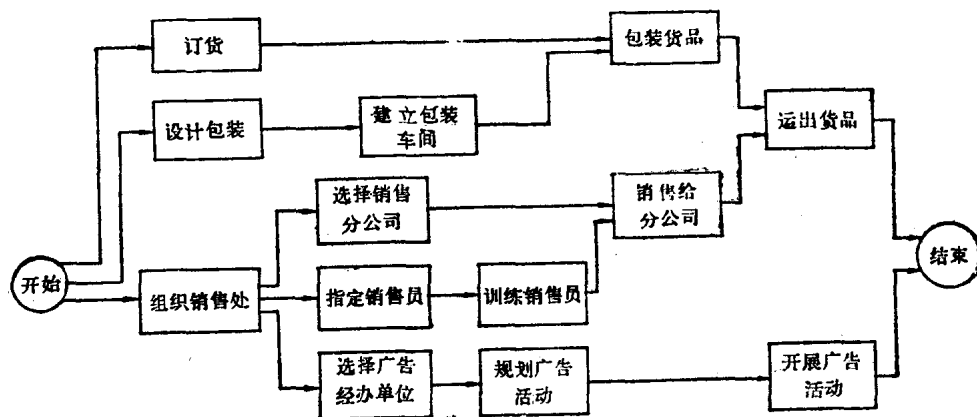


图 1-3 销售活动流程图

工序名称	说明	紧前工序	时间(天)
A	拆卸		2
B	清洗	A	1
C	电器检修和安装	A	3
D	检查	B	1.5
E	零件修理	D	3
F	零件加工	D	3
G	床身和工作台组装	E	0.5
H	部件组装	F	1.5
I	变速箱组装	G, H	2
J	总装和试车	I, C	0.5

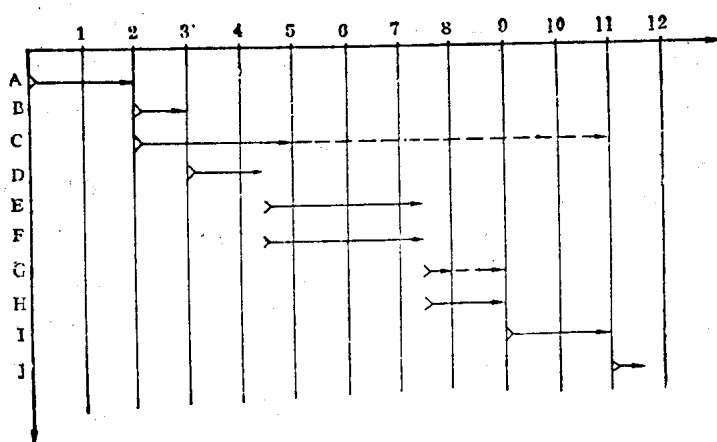


图 1-4 车床大修进度表

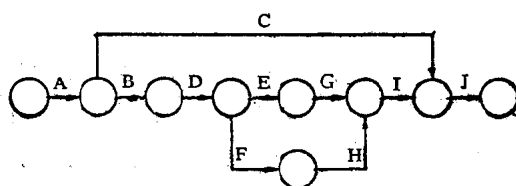


图 1-5 车床大修网络图

§ 1.3 网络图的简化与合并

为了完成整个工程规定的目标，各个部门所要掌握的信息的侧重面是不同的。领导机关所用的网络图要求该网络图能帮助领导纵观全局、掌握关键，以便分析矛盾进行决策。它并不要求有太多的细节。例如对第一个例子中的广告活动，对上层领导来说只要提一个综合性的广告活动即可，而不需要把它分成三道工序。总之，上层领导所掌握的网络图可适当粗一些，以突出大的协调关系。

至于基层领导将根据网络图来组织和指挥生产，每天要根据网络图提供的数据来解决具体问题，所以他们使用的网络图一定要具体、要详细。

在建立计划调度网络图时，要先建立一张供基层单位用的全面的具体的详细的网络图，然后再根据不同职能部门的需要，抽出局部网络图，或把网络图中内部相近、性质类似的工序加以合并，综合成一张供上级领导部门用的简化网络图。

第二章 计划调度网络图的计算

§ 2.1 带日历的网络图中的主要时间参数

1. 工序周期：所谓一道工序的周期，是指在一定条件下完成该工序所需要的延续时间。它只和该工序有关。这种时间是指该工序所需的净时间。在具体安排时，它应扣去所遇到的非工作时间。我们用 t_j 来记第 j 道工序的周期。

2. 工序的最早开工时间 T_{ESj} ：一道工序的最早可能的开工时间应是它的紧前工序的最早开工时间加上紧前工序的工序周期来决定。如果一道工序具有多道紧前工序时，则应以所有这些最早开工时间中的最大值作为本工序的最早开工时间。如图 2-1，工序 D 的紧前工序为 A、B、C 它们的完工时刻分别为 t_1 、 t_3 、 t_2 ，则工序 D 的最早开工时间应是 t_3 。

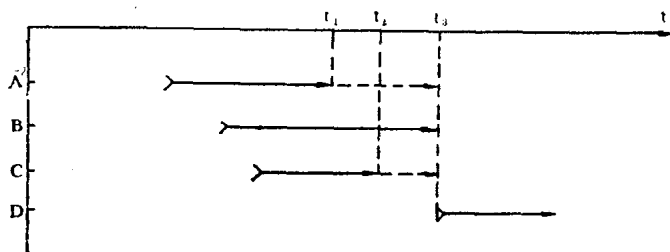


图 2-1 确定工序 D 的最早开工时间

一般，在网络图中，各工序应以紧前工序与后继工序的关系由左向右按时间递增的顺序排列。

3. 工序的最早完工时间 T_{EFj} ：它是由该工序的最早开工时间加上该工序的周期来度量的。也就是以它的所有紧前工序中最早完工时间的最大值加上本工序的周期来决定的。如果把本工序记为第 j 道工序，其紧前工序用 i 来编号，则有 $T_{EFj} = T_{ESj} + t_j = \max_i (T_{EFi}) + t_j$

4. 工序的最迟开工时间 T_{LSj} ：如果一道工序在某一时间还不能开工，则必影响整个工程的最后完工期限，我们把这个时间，称之为工序的最迟开工时间。工序的最迟开工时间是以工程的最终目标事项必须完成的期限为参考点，由后往前推算得到。每道工序的最迟开工时间等于该工序的所有后继工序中最迟开工时间的最小值减去本工序的周期。如果把本工序记为第 i 道工序，其后继工序用 j 来编号，则有 $T_{LSi} = \min_j (T_{LSj}) - t_i$

§ 2.2 工序的松弛时间与关键路径

1. 工序的松弛时间 S_i

某道工序的开工日期在不影响整个工程的工期的情况下，总共可以推迟多少时间，这样的时间称为工序的总松弛时间。它可以表示成： $S_i = T_{LSi} - T_{ESi}$

2. 找出关键路径

1) 路径：从网络图的起点开始沿着箭头方向，由相继工序连接而成直通终点的任一通道称为网络的一条路径。

2) 关键路径：是指该路径上任一工序的延误都将引起整个工程的延期。

3) 关键工序：如果一道工序的最早开工时间等于它的最迟开工时间，则就称此工序为关键工序，它是没有松弛时间的工序。连接关键工序而成的路径就是关键路径。

4) 工程总工期：网络图中关键路线上各工序的工序周期之和，就是工程的总工期。因此只有非关键工序才有松弛时间。

第三章 网络图的调整与优化

在画出工程计划调度网络图之后，还要逐步合理化，不断求精。在符合工期、质量、资金、人力要求的情况下，尽量做到使用资源（人力、物力、资金、时间）最少，又能合理缩短工期，这就是网络图的调整与优化工作。

§ 3.1 工序周期的合理确定

在安排一项工程计划之初，合理确定工序周期是十分重要的。合理确定工序周期的原则首先是为了保证工程能如期实现；其次是为了使人力得到合理调配；再其次是为了能让资源得以合理利用。总之，是要不误工期，尽量做到均衡生产。

但是，一个科研项目很难确定定额，不可能非常正确地给出时间、人力及资源的定额。在时间的估计方面，往往要凭经验估计。为了使这个估计更接近实际，常常采用以下方法：

1. 乐观的期限，在一切顺利条件下，能完成的工期 a 。

2. 最可能的期限，在普通的正常条件下，能完成的工期 m 。

3. 悲观的期限，在最不利条件下，能完成的工期 b 。然后用 $t_c = \frac{a + 4m + b}{6}$

来作为有关工序的周期。至于乐观工期、最可能工期、悲观工期的估计，则要深入实际找有关行家里手，向有经验的人了解，才能确定。

§ 3.2 计划工期的调整

如果工程的总时间比较宽裕，可用延长、关键工序的工期来减少资源的消耗，以便节省费用。

如果工程所允许的时间比关键路径的总工时还少，就要选适当的工序，采取组织与技术措施来缩短工时，通常可采取如下的途径和方法来实现这一点：

1. 在关键路径上寻找最有利的工序来缩短工期。因为同样是赶工，有的工序单位时间的赶工费贵，有的工序单位时间的赶工费要相对低廉些，而且一个关键工序的赶工，会引起整个网络结构的重新分析，所以总的说来是只能寻找最有利的工序来赶工。

2. 采取并行与交叉作业的办法来缩短工期。在人力条件允许的情况下，采取并行作业。例如，某单位需建造一座新厂房来安装一台新机器加工设备。若按串行方法来安排，有如下方案：A. 设计，2个月；B. 基建，8个月；C. 定购设备，3个月；D. 安装，5个月；E. 试车，2个月，共需20个月。见图3-1。

若定购设备与基建两道工序采用并行作业方法，则有如下方案，见图3-2。

这时的总工期只需要17个月。

若更进一步，在基建进入一定阶段，例如3个月之后，就一边着手安装，则方案就成为

如图 3-3，所需的总工期是12个月。

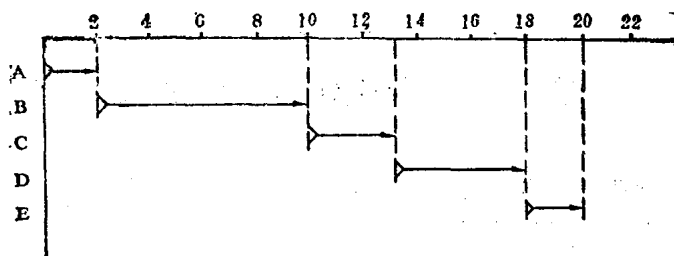


图 3-1 工序串行安排时的进度表

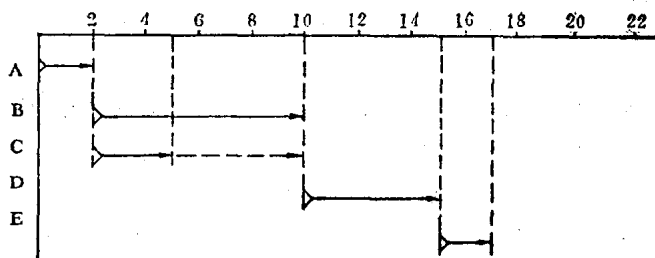


图 3-2 工序并行安排时的进度表一

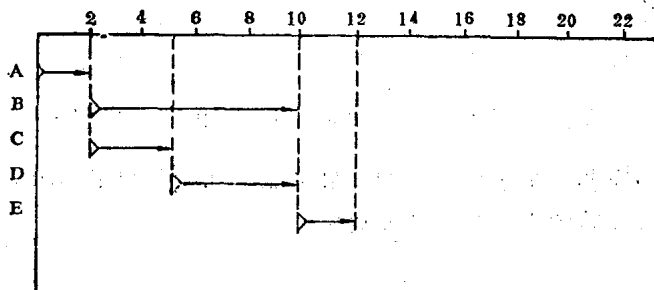


图 3-3 工序并行安排时的进度表二

3. 采用新技术、新工艺，改造旧设备、旧工艺，增加人力与设备来缩短工期。

4. 在有松弛时间的非关键工序上抽调适当的人力、设备集中于关键路径。当然，这样做会引起整个网络计划的改变，要重新计算和确定各道工序的各种时间参数，并重新确定关键工序和关键路径。

§ 3.3 执行过程中的检查和调整

我们知道，凡属研制、开发项目总有许多不确定因素和意外情况的出现，即使是常规生产情况，亦难免出现类似现象。要定期检查和动态地调整整个网络计划，这正是计算机用于网络计划调度的主要优点。它使得用网络来监督计划执行、控制工程进度变得实际和有效。只有用计算机来定期检查并及时调整，才能保证预期目标的实现。

1. 关键路径上工序的检查与调整。及时检查关键路径上工序的进度，这些工序工期的提前与延长，将对整个工程完工日期产生影响，它必然会影响和改变后继工序和某些非关键工序的时间和其它参数，从而对这些后继工序和非关键工序的时间和其它参数都需要重新计算。

例 已知一个工程的计划如下：工序（1—2）需10天；工序（1—3）需7天；工序（2—3）需15天；工序（1—4）需35天；工序（1—5）需30天；工序（3—4）需13天；工序（4—5）需12天；工序（4—6）需17天；工序（5—6）需10天，则可得网络图如下

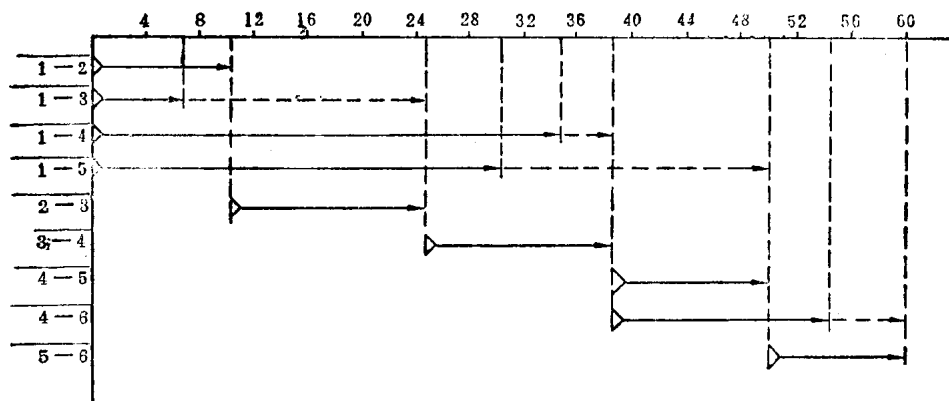


图 3-4 初始安排的进度表

这种工序编号同时也说明了它们的连接关系。例如工序（3—4），它的紧前工序就是所有以3为结尾的工序，它的起始时间就是那些以3为结尾的工序的完工时间的最大值，即7与25之间的最大值25。

要在这种网络图上寻找关键路径也非常方便，只要从最后那道工序开始，把与它首尾相衔接的工序连接起来就能得到关键路径。在本例中它们是（1—2）→（2—3）→（3—4）→（4—5）→（5—6）。

然后再根据连接关系，算出各道非关键工序的松弛时间。在这里立即可以看出，由于工序（1—3）的后继工序是工序（3—4），工序（3—4）的最早开工时间是第25天，所以工序（1—3）的松弛时间为18天。同样，工序（1—5）的松弛时间为20天，工序（4—6）的松弛时间为5天。

若要缩短工期，就必定要在关键路径上想办法。若关键路径上缩短工期后，仍不能使整个工期缩短的话，则必须再从别的关键路径上想办法，作第二次缩短，直到最后符合我们的工期要求为止。

如果我们要将图3-4中60天的工期缩短为50天，就必须在路径（1—2）→（2—3）→（3—4）→（4—5）→（5—6）上想办法。假定工序（1—2）缩短4天，工序（2—3）缩短6天，则缩短后的网络图如图3-5，结果变为57天。新的关键路径为（1—4）→（4—5）→（5—6）。

如果再在工序（4—5）处缩短4天，工序（5—6）处缩短3天，则缩短后的网络图如图3-6，结果工期为52天，新的关键路径为（1—4）→（4—6）。

为使工期限于50天，再作第三次缩短，可在工序（1—4）及（4—6）处各缩短一天，可得新的关键路径（1—4）→（4—6），其工期为50天，如图3-7所示。

2. 对非关键路径上的工序的检查与调整。如果调整范围在各道工序的松弛时间之内，这种调整将不引起其它工序工期的变化，也不会对整个工程的工期产生影响；如果工序的延长时间超过了松弛时间，它就有可能形成新的关键工序，就需对其它有关工序作相应的检查和

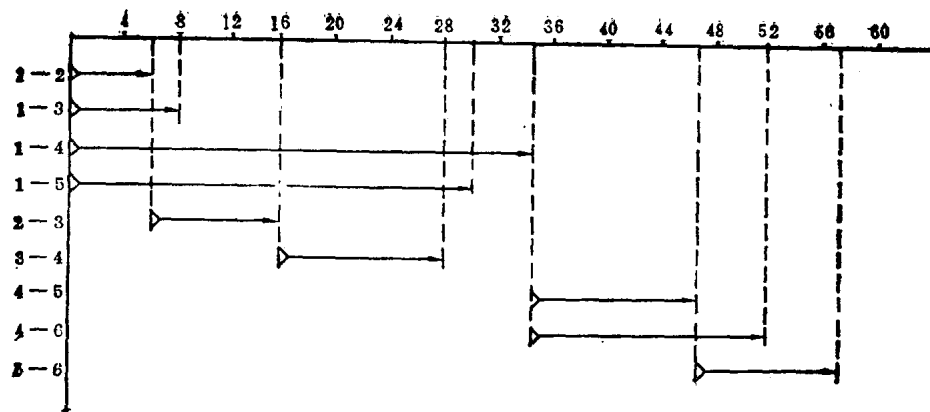


图 3-5 调整为57天时进度表

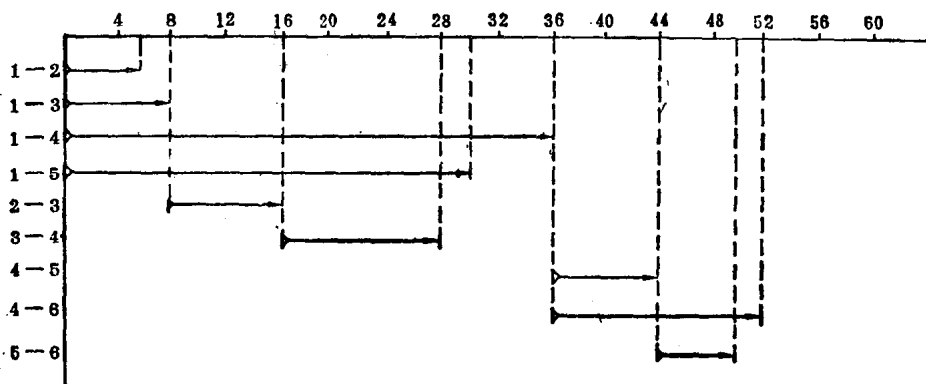


图 3-6 调整为52天时的进度表

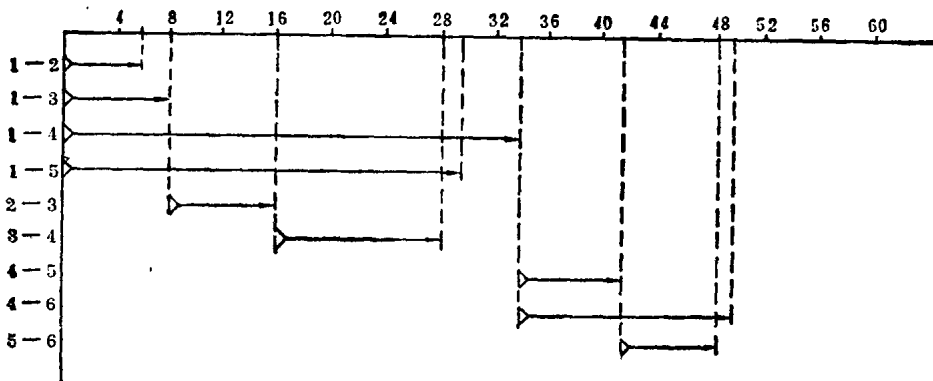


图 3-7 调整为50天时的进度表

调整。

3. 工序编号与逻辑关系的调整。

(1) 工序的插入。在计划设计过程中，如果发现在某两道工序A、B之间要求插入一道工序C，则在进行这种插入之后，所有以工序A为紧前工序的工序都变成以工序C为紧前工序。例如，原有的网络图如图 3-8 所示，在插入工序C之后就变为图 3-9 了。