

第九章 项目管理与控制

本章教学目的与要求

通过本章学习,使学生理解项目的概念与特点,了解项目管理的方法,掌握网络图的绘制方法和网络时间参数的计算方法。

本章教学重点与难点

1. 网络图的绘制。
2. 网络时间参数的计算。

第一节 项目管理概述

一、项目的概念和特点

1. 项目的概念

项目可定义为一系列工作,这些工作通常会有一些主要的产出,同时需要一定的时间去完成。项目的规模往往很大,需要大量的各种不同来源的资源,要花费很多投资,在相当长的时间内才能完成预期目标。

项目通常被认为是一次性事件,很少甚至没有经验可以借鉴。

一个项目的结果可能与另一个项目的产出相同。

2. 项目的特点

多元性、求新性、计划性、时限性、集合性、排己性。

二、项目管理及其特点

所谓项目管理,是在既定目标之下,在一个确定的时间范围内,通过模拟分散式组织形式的特殊运行机制,对项目进行有效的计划、组织、领导、控制,对既定有限资源实现优化配置的一种系统的管理方法。

项目管理的基本特点有如下五个方面:复杂性、创造性、时限性、领导集权性、专门性。

三、现代工业企业中的项目管理

项目管理是在开发、生产大型、高费用、进度要求严格的工程项目基础上发展起来的,主要用于航空、航天和建筑业。伴随着项目管理技术的完善与发展,其外延形式日益扩大化,在现代工业企业中,项目管理的方法也得到广泛应用,如产品创新、软件系统开发、设备大修、单件生产。

第二节 项目管理计划与控制

项目管理的首要任务是制定一个具有良好构想的项目计划，以确定项目的范围、进度和费用。这是项目最重要的功能之一。

一、项目管理目标的制定

项目管理目标：是将完成项目所需资源能够适时、适量进行分配，并寻求诸项资源的优化配置，最有效地完成工程项目。

在项目的管理中一般都要考虑如下三个目标：质量、效率和经济。

二、项目管理方法

项目管理方法分为两大类：传统的与系统的。

- (1) CPM 关键路径法;
- (2) PERT 计划评审技术;
- (3) WBS 工作分解结构;
- (4) GERT 图示评审技术;
- (5) VERT 风险评审技术。

三、项目组织结构

在项目开始以前，高层管理者必须要先确定采用何种组织结构，以便能将该项目与其企业的经营活动紧密联系。

组织结构的主要类型有：纯项目小组、职能项目组和矩阵制。

1. 纯项目小组

即由一个装备齐全的项目小组负责该项目全部的工作。

●优点：

- ①项目经理对项目拥有充足的权力。
- ②小组成员只向一个上司汇报。
- ③联系线路缩短，可以迅速做出决策。
- ④小组成员的自豪感、士气以及信誉都很高。

●缺点：

- ①资源重复配置，设备和人员都不能跨部门共享。
- ②忽视了组织目标和企业政策。
- ③削弱了职能区域的权力。
- ④小组成员缺乏安全感。

2. 职能项目组

与纯项目相对的组织形式是职能项目组，如图 9-1 所示。

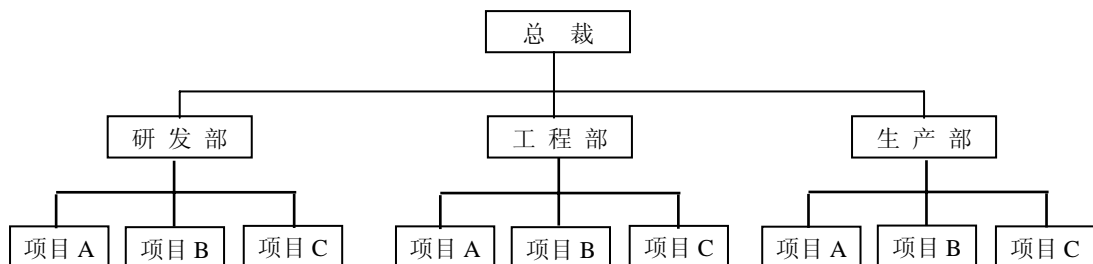


图 9-1 职能项目组结构示意图

●优点:

- ①每个小组成员都可以参加几个项目。
- ②即使技术专家们离开了项目或组织，他们也继续留在职能区域里。
- ③职能区域是小组成员在项目结束后的“家”，职能专家可以垂直发展。
- ④特殊领域的职能专家组成一个关键部门，以协同解决项目存在的技术问题。

●缺点:

- ①与职能区域不直接相关的项目各部分缺乏必要的变革。
- ②小组成员的士气经常变得低落。
- ③顾客需求被放在了第二位，对顾客需求的反应速度减慢。

3. 矩阵制

矩阵制是最专业化的项目管理组织形式，它综合了职能项目组和纯项目小组的优点，如图 9-2 所示。每个项目执行时可从不同的职能区域抽调人员。项目经理（PM）决定执行什么任务以及何时执行，而职能区域管理者则控制可以使用哪些人和技术。

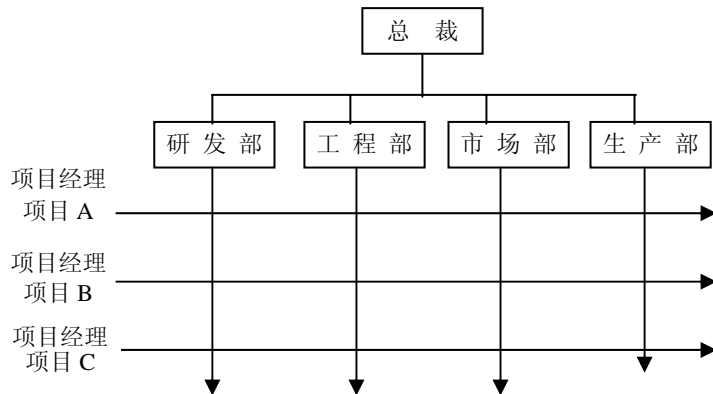


图 9-2 矩阵制结构示意图

●优点:

- ①加强了不同职能区域间的联系。
- ②项目经理对项目的成功负责。
- ③资源的重复配置实现最小化。
- ④减少了项目完成后小组成员“无家可归”的后顾之忧。
- ⑤遵循了企业政策，增强了对项目的支持。

●缺点:

- ①存在两个上司。
- ②除非项目经理具有很强的谈判能力，否则该项目注定要失败。
- ③本位主义乘虚而入。

值得注意的是，无论采用哪一种组织形式（结构），与顾客接触的最主要的人员都只能是项目经理。当项目经理对一个项目的成功完成负责时，项目的沟通能力和柔性都极大地加强了。

第三节 网络计划技术

一、网络计划技术的发展

网络计划是一种科学的计划管理方法，它的基本原理是以网络图的形式，反映组成工程项目的各项活动（工序）的先后顺序及相互关系，并通过相应的计算，找出影响全局的关键活动和关键路线，以便对工程项目进行统筹安排，使在工期、成本、资源利用等方面达到预

期的目标。

1958年，美国海军武器局特别计划室研制北极星导弹系统时，应用了计划评审技术（PERT），使工程比预定计划提前两年完成。

在此以前，美国杜邦化学公司也研究并应用了一种新的计划管理方法，即关键路线法（CPM），在应用的第一年就节约了一百万美元，相当于该公司用于研究发展 CPM 所花费用的五倍以上。

PERT 和 CPM 是独立发展起来的计划方法，在具体方法方面虽有所不同，但近年来，PERT 有放弃应用概率估计活动的作业时间的趋势，也考虑时间和费用的均衡问题，因此，两者的区别已不明显。

网络计划技术适用于一次性的大规模工程项目，如大型科研和新产品试制项目、设备大修、大型建筑项目等。

二、网络图的绘制

网络计划技术的一个显著特点，是以网络图代替传统的甘特图，即借助于网络图反映工程项目的生产过程及各项活动之间的相互关系，以进行统筹安排。

（一）网络图的组成

网络图由结点、箭线以及结点和箭线连成的线路组成。根据结点和箭线的含义不同，网络图有箭线型和结点型之分。本章以箭线型网络图为主来研究网络计划技术。图 9-3 为一简单的箭线型网络图。

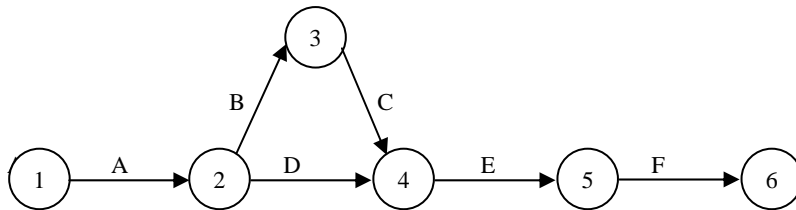


图 9-3 箭线型网络图

1. 箭线 网络图中每一条箭线代表一项活动（Activity）。箭线的箭尾表示活动的开始，箭头表示活动的结束。箭线所代表的活动要消耗时间和资源。

在网络图中，通常把活动的代号和作业时间记在箭线的上下，以便于识别和计算。

有时，在网络图中还需要引用虚箭线，虚箭线代表虚活动，它不消耗时间和资源，主要用于表明活动之间的逻辑关系。

2. 结点 代表活动的开始或结束。两条或两条以上箭线的交接点叫结点，它可根据在结点前后完成或开始的活动的性质，而定名为某一事项。事项不消耗时间和资源。网络图中第一个事项称始点事项，它是一个工程项目或一项计划的开始；最后一个事项称终点事项，它表示一项工程或计划的结束；其余事项都叫做中间事项。除始点事项及终点事项外，其余事项的含义往往是双重的，它既代表前项活动的结束，亦代表后项活动的开始。

3. 线路 从网络图的始点事项开始到终点事项为止，由一系列首尾相连的箭线和结点代表的活动和事项组成的通道称为线路。网络图一般有多条线路。

（二）网络图绘制的基本规则和要求

网络图的绘制应遵循以下基本规则：

1. 箭线方向一律指向右边，而不可指向左边。

2. 网络图中的结点编号要保证做到使每一项活动的箭头结点号 j 大于箭尾结点号 t 。结点编号后，活动可用箭尾结点号及箭头结点号来表示。如图 9-3 中的活动 A。可用代号[1-2]

表示。编号可以采用非连续编号法，即可以留空号，便于结点增减变化时，可以插位补号，局部改动，而不致打乱整个网络图的编号。

3. 两个结点间只允许画一条箭线。

在实际工作中，存在着两项活动的先行、后续活动都相同的情况。例如：B 和 C 两项活动的先行活动均为 A，后续活动均为 D，如果单纯根据其活动顺序，画出的网络图如图 9-4 所示。

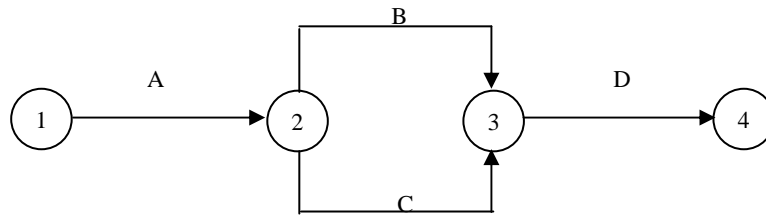


图 9-4 错误的画法

在图 9-4 中，结点 2、3 之间画了代表 B、C 两项活动的两条箭线，违反了网络图的绘制规则，所以是错误的。为了既表示出活动之间的联系关系，又避免在两个结点间画两条或两条以上的箭线，可在网络图中引入虚箭线。上例中，引入虚箭线后的网络图应如图 10-5 所示。

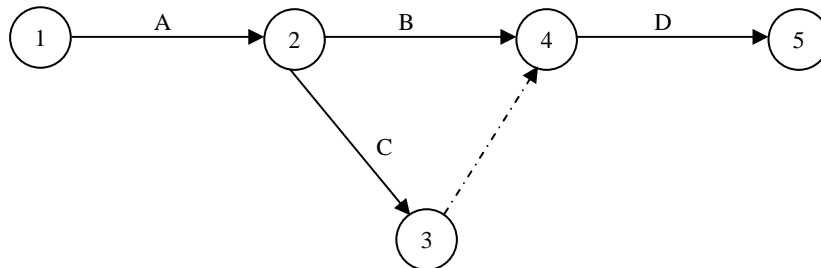


图 9-5 正确的画法

4. 网络图中一般只有一个源和一个汇。源是指没有先行活动的事项，即始点事项；汇是指没有后续活动的一项，即终点事项。

5. 每项活动都应该有结点表示其开始或结束，即箭线首尾都应有结点，不能从箭线中间引出另一条箭线来。如果某项活动的延续时间较长，为了使后续活动提前开始，而该活动又可以划分阶段，则可增设结点，用两条或两条以上的箭线代表该活动，并从中间结点引出后续活动。一般在这种情况下，后续活动亦应划分阶段。

三、网络图的种类

1. 按照结点与箭线所代表的含义不同，网络图可以分为箭线型和结点型两类。

箭线型网络图中，以箭线两端的结点编号作为活动编号，因此又称为双代号网络图。

结点型网络图是以结点代表活动，而活动之间的联系则以箭线来表示，这种网络图中每项活动可以用一个结点编号来表示，故又称为单代号网络图。

2. 网络图按作业时间估计性质的不同，可分为肯定型和非肯定型两类。

肯定型网络图中各项活动的作业时间值是确定的。

非肯定型网络图中每项活动可以有几个作业时间的估计值。

3. 按网络图所包括对象的范围，网络图可分为网络总图和网络分图。

第四节 网络时间参数的计算

在把工程项目的各项活动绘制成网络图后，要进行时间值的计算。

网络计划技术的时间值包括：各项活动的作业时间；结点的最早开始时间和最迟结束时间；各项活动的最早开始时间和最早结束时间、最迟开始时间和最迟结束时间；时差和线路的持续时间。

一、作业时间

作业时间是指完成一项活动所需的时间。作业时间的单位一般采用日或周，也可用小时或月。它是计算其他各项时间值的基础。

通常有两种估计作业时间值的方法：

(一) 单一时间估计法，又称单点估计法。

对各项活动的作业时间，仅确定一个时间值。估计时，应以完成各项活动可能性最大的时间为准。单一时间估计法应用于不可知因素较少，而且是在有同类工程或类似产品的工时资料可供借鉴的情况下得以应用。

(二) 三种时间估计法，又称三点估计法。

即对活动的作业时间，预估三个时间值，然后求出可能完成的平均值。三个时间值为：

1. 最乐观时间 (Optimistic Time) 是指在顺利情况下，完在某项活动可能需要的最短时间，以 t_a 表示。

2. 最保守时间 (Pessimistic Time) 是指在不利情况下，完成某项活动可能需要的的时间，以 t_b 表示。

3. 最可能时间 (Most Likely Time) 是指在正常情况下，完成某项活动最可能需要的的时间，以 t_m 表示。

用三点估计法确定的三种时间值，都要在对设备、人员、组织及技术条件等因素进行综合分析研究后作出，并在此基础上计算平均作业时间。

假定 t_m 的可能性两倍于 t_a 及 t_b ，则 t_a 与 t_m 的加权平均值为 $(t_a+2t_m)/3$ ；同样， t_b 与 t_m 的加权平均值为 $(2t_m+t_b)/3$ 。此两值在期望作业时间中又各以 1/2 的可能性出现，则 t_e 值就为：

$$t_e = \frac{1}{2} \left(\frac{t_a + 2t_m}{3} + \frac{2t_m + t_b}{3} \right) = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

二、结点的时间参数

(一) 结点最早开始时间 (ET)

结点最早开始时间是指从该点开始的各项活动最早可能开始进行的时间，它从网络图的始点事项开始计算。

通常将始点事项的最早开始时间规定为零，然后顺着结点编号来计算确定其他结点的最早开始时间，直至最终结点。

当对某工程项目有具体规定的开工时间时，始点的最早开始时间可等于规定的开工时间。

结点最早开始时间的计算公式为：

1. 当进入结点 j 的箭线只有一条 (如图 9-6 所示) 时，



图 9-6 进入结点 j 只有一条箭线

则结点 j 的最早开始时间 ET_j 为：

$$ET_j = ET_i + t_{i,j}$$

式中 ET_i ——结点 i 的最早开始时间；

$t_{i,j}$ ——活动 I—j 的作业时间。

2. 当进入结点 j 的箭线有多条（如图 9-7 所示），则结点 j 的最早开始时间为：

$$ET_j = \max\{ET_{i_k} + t_{i_k,j}\}$$

式中 ET_{i_k} ——结点的最早开始时间；

$k=1,2,\dots,n$ （n 为进入结点 j 的箭线数）

\max ——指 ET_j 取括号中的最大值。

结点最早开始时间取括号中之最大值，是因为在此时间之前，该结点事项是不能开始的。

（二）结点最迟结束时间（LT）

结点最迟结束时间是指进入该结点的活动最迟必须完成的时间。

它从网络图的最后一个结点开始，反结点编号顺序依次计算。

由于结点所代表的事项本身不消耗时间，故网络图最终结点的最迟结束时间等于它的最早开始时间。

已知终点事项的最迟结束时间，即可计算其他各结点的最迟结束时间。

在对某工程项目有规定完工的时间要求时，终点事项的最迟结束时间可定为该规定时间。

结点最迟结束时间的计算公式为：

1. 当结点 i 后面只有一条线箭线时，即从该结点出发的活动只有一项（如图 9-8）时，其最迟结束时间 LT_i 为：

$$LT_i = LT_j - t_{i,j}$$

式中 LT_j ——结点 j 的最迟结束时间。

2. 当结点 i 后面有几条箭线（如图 9-9）时，其最迟结束时间为：

$$LT_i = \min\{LT_{j_k} - t_{i,j_k}\}$$

式中 LT_{j_k} ——结点 j_k 的最迟结束时间；

$k=1,2,\dots,n$ （n 为从结点出发的箭线数）。

\min ——取括号中最小值。

结点最迟结束时间取号之最小值，是因为超过此时间，必将影响整个工程的完工期。

（三）结点时间参数的图上计算方法

这种方法即直接在网络图上计算各结点的最早开始时间和最迟结束时间。

计算步骤是：

先顺结点编号顺序从始点开始计算确定各结点的最早开始时间，至终点事项为止；

再逆结点编号顺序从终点事项开始计算并确定各结点最迟结束时间，至始点事项为止。

为计算方便，在网络图的箭线上标明活动代号及作业时间，并将计算结果随即记于结点旁规定的符号内。如规定将结点最早开始时间记于符号□内，结点最迟结束时间记于符号△

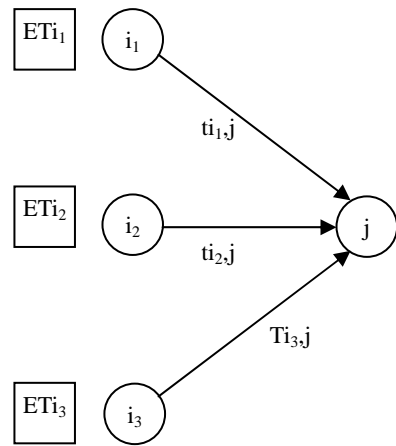


图 9-7 进入结点 j 有多条箭线图

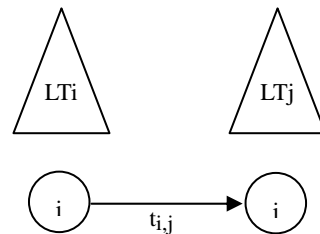


图 9-8 结点 i 后面有一条箭线图

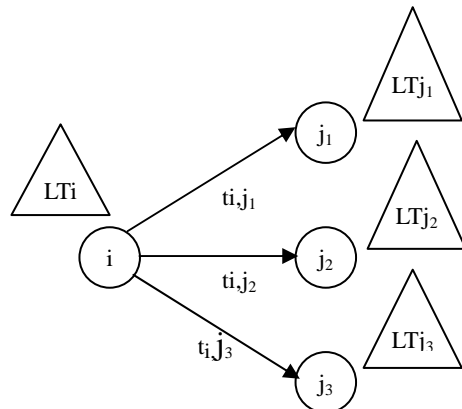


图 9-9 结点 i 后面有多条箭线图

内。

图 10-10 为以图上计算法计算完全部结点时间参数的网络图。

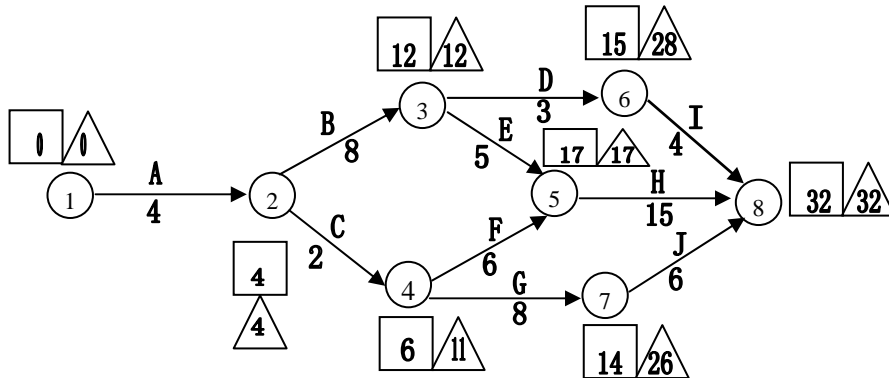


图 9-10 计算完全部结点时间参数的网络图

三、活动时间参数的计算

(一) 活动最早开始时间与最早结束时间

活动最早开始时间 (ES) 是指活动最早可能开始的时间, 它等于代表该活动的箭线的箭尾结点的最早开始时间。

在已知各结点最早开始时间后, 即可很容易地确定各项活动的最早开始时间。

活动最早结束时间 (EF) 指活动最上可能完成的时间, 它等于活动最早开始时间与该活动的作业时间之和,

(二) 活动最迟开始和最迟结束时间

活动最迟开始时间 (LS) 是指活动最迟必须开始的时间, 它是活动最迟必须结束的时间 (即活动最迟结束时间 LF) 与该活动的作业时间之差。活动最迟结束时间等于代表该活动的箭线其箭头结点的最迟结束时间。因此, 在已知结点最迟结束时间的条件下, 可以先确定各项活动的最迟结束时间, 然后确定活动的最迟开始时间。

四、时差与关键线路

(一) 活动的时差

活动的时差是指在不影响整个工程项目按期完工的条件下, 某些活动在开工时间安排上可以机动使用的一段时间。时差又称宽裕时间或缓冲时间。

计算和利用时差是网络计划技术中的一个重要问题, 它为计划进度的安排, 提供了机动性。时差的利用可以求得计划安排和资源分配的合理方案; 时差也是决定网络图中关键线路的依据。

每项活动的时差可分为四类: 总时差、自由时差 (一)、自由时差 (二)、专用时差。

1. 总时差 S_T 总时差为活动的最迟开始时间与最早开始时间之差。

2. 自由时差 (一) S_{F1} 它是活动的最迟开始时间与活动箭尾结点最迟结束时间之差, 即当先行活动于最迟结束时间完工时, 某项活动开工期的机动时间。

3. 自由时差 (二) S_{F2} 是活动的箭头结点最早开始时间 (即后续活动最早开始时间) 与活动最早结束时间之差, 即在不影响后续活动最早开工时间的条件下, 某项活动所具备的时差。

4. 专用时差 S_s 是活动的箭头结点最早开始时间与活动最迟结束时间之差, 即在不影响后续活动最早开工期, 而先行活动又于最迟结束时间完工时, 该活动所具备的时差。

(二) 关键线路及线路时差

1. 关键线路 网络图上总时差为零的各项活动的连线为关键线路, 它是持续时间最长的线路。

关键线路上各项的作业时间之和构成工程项目的工期。因此, 要缩短工程项目的工期, 就要首先考虑采取措施压缩关键线路上各项活动的作业时间。关键线路在网络图中要用粗线(双线或色线)标出, 以资识别。

2. 线路时差 网络图上其他线路的持续时间都比关键线路短, 为非关键线路。

关键线路与非关键线路持续时间之差为线路时差。线路时差等于以关键结点(最早开始时间与最迟结束时间相等的结点)分段的、各段中最大的活动总时差之和, 或等于线路上各项活动自由时差(一)或自由时差(二)之和。

五、网络计划的调整与优化

包括: 时间优化、时间-费用优化、时间-资源优化等。

(一) 时间优化

时间优化就是在人力、物力、财力等条件基本上有保证的前提下, 寻求缩短工程周期的措施, 使工程周期符合目标工期的要求。

这种情况多半发生在计划任务比较稳定, 目标工期小于关键线路的持续时间。

调整与优化的重点是关键线路, 因为它的线路时差值是各条线路中最大的。缩短线路持续时间措施有以下方法。

1. 采用新技术、新工艺, 进行技术革新, 以缩短作业时间。
2. 分解活动, 提高活动之间的平行性程度。
3. 利用时差, 从非关键线路上抽调适当的人力、物力集中于关键线路上的某些活动, 以缩短其作业时间及关键线路的持续时间。

在关键线路消除负线路时差时, 再解决其他非关键线路的负线路时差。

(二) 时间-费用优化

时间-费用优化, 是在工期的预期目标下, 使缩短工期的赶工费用最少。

一般地说, 工期时间的长短与作业活动投入的资源量有关。多投入资源, 如增加人力、设备, 就能缩短作业活动的工期。工期时间与作业(直接)费用的关系, 如图 10-11 所示。图中费用变化曲线的斜率, 即单位变动时间的费用增长率, 称为费用斜率。

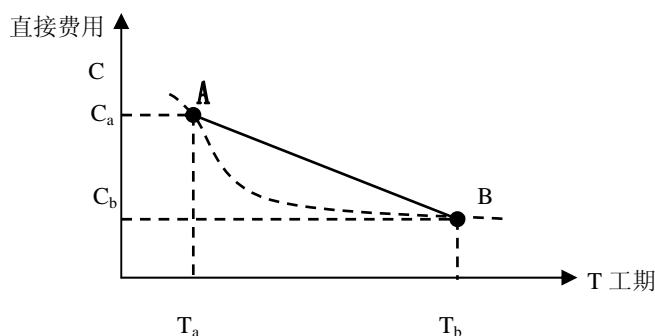


图 9-11 工期-直接成本费用曲线

基本思想: 首先找出网络计划的关键路线, 在关键路线上选择费用斜率最小的作业, 缩短其工期, 然后再选成本斜率次小的作业缩短工期, 直到满足工期缩短的限定目标时间为止。

(三) 时间-资源优化

目标: 在资源限定的条件下, 并在所要求的工期内, 使资源达到充分而均衡的利用。

思路：首先保证关键活动需要的资源量，然后，利用时差，将那些与关键活动同时进行的活动推迟，以消除负荷高峰，使资源的总需要量降低到其供应能力的限度之内。

本章专业英语词汇

Project	项目
Project Management	项目管理
Matrix	矩阵制
Project Manager	项目经理
Program Evaluation and Review Technique	计划评审技术
Critical Path Method	关键路线法
Functional Project	职能项目组
Pure Project	纯项目小组
Early Start	最早开始时间
Late End	最晚结束时间

思考与练习

1. 什么是项目？它有何特点？
2. 什么是项目管理？项目管理有何特点？
3. 项目管理方法有哪些？
4. 绘制网络图应遵循什么原则？
5. 某工程作业清单如下，试绘制网络图，找出其关键线路，并计算工期。

作 业	A	B	C	D	E	F	G	H	I
紧前作业	—	—	A	B	C	C	E	D、F	G、H
作业时间（天）	5	4	6	11	3	4	5	7	5

6. 某项目活动清单如下，试绘制网络图，找出关键线路，并计算其工期。

活 动	A	B	C	D	E	F	G
紧前活动	—	A	A	C	B、D	D	E、F
活动时间（天）	6	9	7	4	6	5	3

7. 某项工程的各项作业的正常时间、赶工时间及其相关直接费用如下表所示。该项工程的间接费用平均每天 7.5 万元。试据此计算：

- 1) 正常完工时间和总成本；
- 2) 最低成本时的最短完工时间。

作业	紧后作业	正常时间	赶工时间	正常费用	赶工费用
A	B、C	8	7	400	460
B	D、E	6	5	290	335
C	F、G	4	3	160	200
D	H	9	7	475	555
E	F、G	7	5	210	270
F	J	10	7	600	690
G	I	12	9	480	585
H	J	9	5	180	280
I	J	3	3	300	300
J	—	5	4	225	275