

目 录 Content

生产作业规划与控制	1
一、专案规划与控制	1
（一）专案管理的定义	1
（二）专案的控制	4
（三）要径排程	6
（四）时间导向方法	7
（五）时间成本模型	17

(六) 经验曲线理论	21
二、总体规划	35
(一) 制造规划	35
(二) 阶层式的生产规划	38
(三) 总体生产规划	40
(四) 总体规划技术	46
三、物流需求规划	60
(一) 物流要求规划概念	60
(二) 主生产排程	65
(三) 物料需求规划(MRP) 系统	66
(四) 产能需求规划	86
(五) 制造资源规划(MRP)	88
四、零工式排程与作业控制	100
(一) 零工式工厂之排程和作业控制	101
(二) 优先顺序法则与排程技术	106
(三) 现场控制	114
(四) 服务业的人员排班	121

生产作业规划与控制

一、专案规划与控制

（一）专案管理的含义

1. 专案管理的含义

一个专案只是所要去做之事的一项陈述或提案。更广义的说，一个专案（project）可被定义为一系列可以导出主要产出并需一段时间执行的有关工作。而专案管理（project management）可被定义为配合专案技术、成本和时间限制的规划、指挥和控制的方法（人、设备和物料）。

专案常被视为准时发生的事件。事实上，许多专案可被重复或转换为其他的设计或产品，结果将可产生另一个专案产出。建筑房子的包工或是生产

产品如超级电脑、火车头，或是线性加速设备等，都可有效地考虑这种计划。

计划的开端为工作的陈述[statement of work(SOW)]。SOW可能是所要完成的专案的行文的陈述，对于将做的工作有番说明，并且有开始与结束日期的规定。它也会以预算、完成步骤(旅程碑)和行文的报告的方式提供执行的评估。

若所提出的工作需极大的努力，我们通常称之为计划，虽然专案和计划是可以互换使用的，计划是最高层次的混合，可能花上几年才可完成一个计划，它可能由一些组织一起完成的相关之专案所组成。例如，飞弹系统的发展是一种计划，引进一种新的医疗保健系统是一种计划。

如同前面所提示的，计划与专案相类似，但专案比较不复杂，时间也较短、一项计划可能是建立一个飞弹系统，而专案可能是发展导引控制的部分而已。在保健系统方面，一个专案可能是为保健单位发展一项提供投标的系统。

一件工作(task)是一项专案的细部区分。它的时间常不超过数月，且常由一组或一个组织来执行。

一个附属工作(subtask)在必要时可用来区分专案为更有意义的细部分件。

一个工作件(work package)是指一个与单一组织单位结合而可接受其指派的小组或活动。它也属于所有专案管理的项目之一，这种工作件可使我们知道将做些什么，何时开始、结束，预算，执行方法，以及某些需及时达到的目标[里程碑(milestones)]。典型的里程碑可为设计的完成、标准型的生产、标准型的测试完成和目标的设立。

2. 工作分析结构

工作分析结构[work breakdown structure(WBDS)]是专案管理的核心。这种把专案细分为越来越小的部分，能明确地定义出此系统，并对于其宗旨的了解与成功产生贡献。传统上工作分析结构的大小从上到下，从左到右递

减如下：

层次	
1	计划
2	专案
3	工作
4	附属工作
5	工作件

层次	1	2	3	4	5	
	x					视觉模拟器设计
		x				视觉的设计
			x			透视镜设计
			x			透视镜 / 模拟器的光学的对比
			x			模拟器光学组成分子的规格
			x			系统执行分析
			x			整个系统的硬体与软体的控制
		x				逻辑流程的产生与分析
			x			基本控制的算术设计
				x		远光的分析器
				x		系统的整齐与不整齐排列的方法设计
			x			资料记录与减少的需求
			x			系统的整体化
		x				成本的分析
		x				成本 / 系统的规划分析
			x			成本 / 系统的执行分析
				x		管理
				x		系统设计 / 工程管理
				x		计划管理
					x	长的交货期的获取
					x	大型的光学
					x	目标的组成分子
					x	探测器

图 2-1 工作分析结构·大型视觉扫描器的设计

图 2-1 表示一个专案的工作分析结构。我们很容易通过其分层的号码找到活动项目。例如，透视设计(在第三项下方)在 2-1 找到(一级的第一项，第二级的第一项，和第三级的第一项)。资料记录的是(第 13 项下方) 1. 2. 4。

良好的工作分析结构的关键是：

允许各项独立地被处理。

使其规模为可控制的。

提供给上级以完成此计划。

检验和评估此计划。

提供所需的资源。

(二) 专案的控制

美国国防部是专案计划最早的启用者，它已经创立了许多种有用的标准形式。其中许多都被实施专案管理的公司直接取用或修改后采用。然而，自此以后，人们已逐渐使用电脑绘制图表计划，以使管理阶层、顾问，和专案经理都可广泛地选择如何显示其资料。图 2-2 即表示一个有效的图表计划的案例。

图 2-2(A) 则是甘特(Gantt)图表的样本，呈现出有关的时间总长度和活动可以执行的顺序。例如；“展出货期的取得”和“生产规划”都是独立的活动，而且是可以同时发生的。所有其他的活动必须照顺序从上到下完成。图 2-2(B) 则显示花在劳工、物料，和超预算金钱的比率；其值就是表示其印证资源和成本总额的明确程度。

图 2-2(c) 则表示来自不同领域诸如生产、财务等等的专案劳工小时的百分比率。例如，生产是占专案的劳工小时的 50%，而这 50% 的配置只占所付的劳工美元金额的 40%。

图 2-2(D) 的前半部是表示这些计划的完成程度。垂直线是表示今日。因此，专案 1 已经太慢了，因为它尚有工作未完成。专案 2 暂时没有进行，

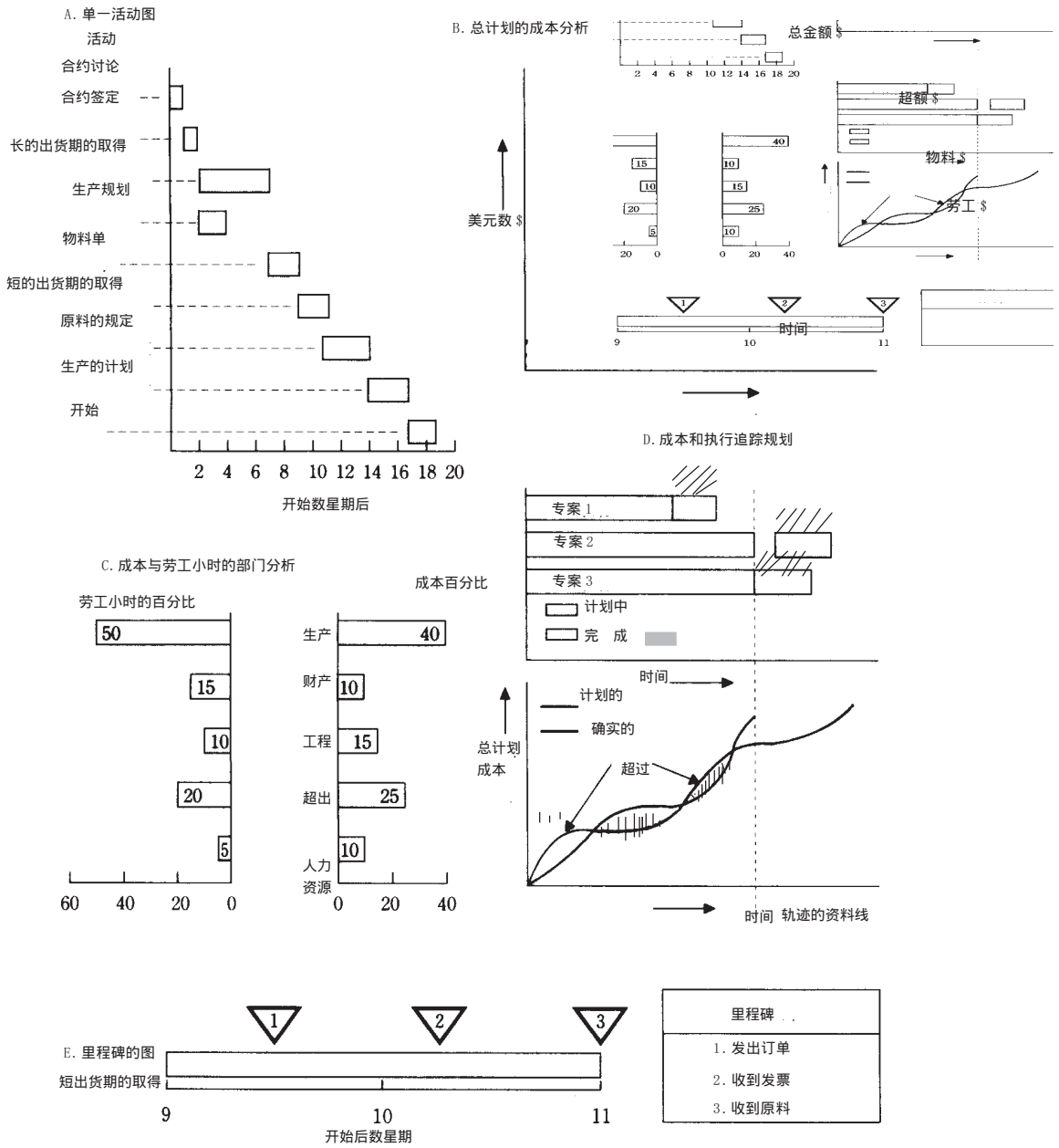


图 2-2 专案报告的样本

因此步调仍在所计划的工作之前。专案 3 是继续做而无中断的，图 2-2(D) 的下方表示实际的总成本与所计划的成本的比较。这个表显示发生两个成本超出的情形。

图 2-2(E) 是里程碑图。那三个里程碑表示可以得知专案是否准时完成的计划中的特殊点，设里程碑的最佳位置是在完成某主要工作之处。在表中，主要工作的完成是在“ 订单发出 ”、“ 收到发票 ”，以及“ 原料收到 ”。

其他标准报告可用来作更详细的表示，比较进展中的成本(像成本规划情形报告—CSSR) 或是提供部分付款基础的报告(像“ 赚取的价值 ” 中报告)。

(三) 要径排程

要径排程(critical path scheduling) 是指用于规划和控制专案的绘图技巧。在任何专案中，三个有关的因素是时间、成本和有效资源。要径方法已经发展到可处理个别的因素，独立地或是混合一起处理。

PERT(计划评核术) (program evaluation and review technique) 和 CPM 要径方法(critical path method)，这两种最著名的方法都发展于 20 世纪 50 年代末。PERT 是在美国海军在 1958 年特别专案部门的赞助下，为了规划和控制波兰人飞弹专案所发展出来的。CPM 是在 1957 年由 J . E. Kelly Remington-Rand 和杜邦的 M. R. Walker 为了协助规划中的化学处理工作的保养的损坏而发展出来的。

要径规划技巧可以图形方式表示一个专案，并且可把焦点放在与专案完成有关的工作上。为了使要径规划技巧更实用，专案必须有下列的特色：

- (1) 工作必须有明确的定义，工作的完成即表示专案的实现。
- (2) 工作为独立的：他们必须以一定的顺序开始、停止与结束。
- (3) 工作是有秩序的：他们以一定的顺序彼此相随。

建筑、航空和造船工业通常有符合这些标准，而要径方法也在其间广为运用。我们以前也提过，专案管理和重要方法在迅速改变的产业中更是常用。

（四）时间导向方法

PERT 和 CPM 的基本型式主要是通过一个工作的网络寻求最长的时间消耗的路径，以作为规划和控制专案的基础。

PERT 和 CPM 都是用节点和箭头表示的。起初 PERT 和 CPM 之间的基本差异是，PERT 用箭头代表一项活动而 CPM 则用节点。其中另一项差别是 PERT 用的是活动所需时间的三个估计值——乐观的、悲观的和最佳的。而 CPM 只使用最佳估计值。这种差异反映出 PERT 是起源于规划不确定的高级专案，而 CPM 则是规划工厂中维持日常性的活动。随着往后的发展，这两种特色再也无法区分 PERT 和 CPM，这是因为 CPM 的使用者开始用三种时间的估计值，而 PERT 的使用者也开始把活动置于其节点中。

我们相信活动置于节点，逻辑上比置于箭头上更易于了解。

然而，三种时间的估计值对于完成时间的几率的衡量通常是极具价值的。因此，在本节中我们将采用在节点上的活动，活动时间是单一估计值或是三种时间估计值，视我们的目标而定。我们交替地使用 CPM 和 PERT 的名词，但表示同一件事，虽然可能较常用 CPM。

另一方面，此两种方法都常用甘特图表(Gantt chart)来发展。虽然甘特图表对于将活动与时间的结合十分有效，特别是很小的专案，可是当涉及 25 或 30 个活动，活动的关系以此形式表示时，变得很难一目了然且也很难处理。甚且甘特图表无法以直接的程序确定极有实际价值的要径，虽然其有理论上的缺陷。

1. CPM 与单一时间的估计值

下面是我们将以一般的规划方法来发展的专案的例子。每项活动的时间都以单一最佳估计值来表示。(而不用三种时间估计值，其将在后面的例子中讨论)。

许多公司曾试着打入手提电脑市场，但都失败了。假如你相信市场上对这种产品会有很大的需求，因为现在的产品的设计并不正确。他们不是太重，太大，就是标准按键太小。若有必要的话，你想制造的电脑将是小到可放于夹克衫衣袋中，标准的规格应是 $4" \times 9\frac{1}{2}" \times 1"$ ，且有标准的打字机键盘。其重量应不超过 15 盎司，4X8 行 X80 个字的 LCD 的显示器，有一个微电脑磁碟，以及一个微电脑显示器。它应具有文字处理的功能，但也有其他语言和程式的软件。如此应可吸引到处旅行的生意人，但也可能会有更广的市场。若它的零售价位在 \$175 ~ 200 之间，它应可吸引任何使用打字机的人。更大的市场也希望包括学生、大专生可以用这个产品完成报告，大学、高中和小学生部可藉此记下上课重点和阅读心得。

接着，这个专案就是设计、发展和生产这种小电脑的标准型。在日新月异的电脑产业界，在短短一年之内将以新产品引进市场是极为重要的。因此，专案小组被允许在 17 个月内(35 周) 生产出这个标准型。

专案小组的第一件事就是发展一个专案的网路图，并且评估在 35 周内完成标准电脑的可能性，让我们看看此一网路发展的步骤。

(1) 活动的确定(activity identification): 专案小组认为下面的活动是专案的主要组成项目: 电脑的设计、制造标准型、标准型的测试、使用方法的规定说明(简述于报告之中)、自动生产设备的评估研究、组合设备的研究报告、简述所有设计、设备和方法的最终报告。

(2) 活动的顺序和网路的建立(activity sequencing and network construction)。专案经理与其员工讨论后，他开始发展先后顺序表格与顺序网路，如图 2-3。活动是以节点表示，而箭头表示顺序，其中的顺序都要一一完成。

当建立网路时，需注意活动的顺序是适当的，且保持其关系的逻辑。例如，当 A 项在 B 之前，B 在 C 之前，C 在 A 之前: 就是逻辑的情况。

活动	CPM 活动设计和时间的评估		
	指定项目	前置的项目	时间以周计
设计	A	-	21
建立标准型	B	A	5
评估设备	C	A	7
测试的标准型	D	B	2
写出设备报告	E	C, D	5
写出方法报告	F	C, D	8
写出最后报告	G	E, F	2

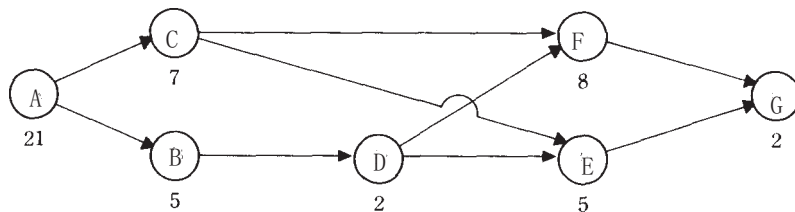


图 2-3 电脑设计專案的 CPM 网络

(3) 决定要径 (determine the critical path)。要径是网络中与活动有关的最长期序，且它定义此路径的总时间为零（数目是连续的）。总时间（slack time）会在每次活动中得到计算：它是一项活动的预期的最迟与最早完成时间的差。随着时间总数的增加，某项活动的开始时间可能会有所延迟，但不至延迟專案的完成时间。为了求总时间，需有每项活动的四种时间值的计算。

早开始时间 (ES): 活动可开始的最早可能时间。

早完成时间 (EF): 早开始时间加上完成活动所需的时间。

晚完成时间 (LF): 一活动可能在无延迟下專案结束的最晚时间。

晚开始时间 (LS): 晚完成时间减去完成活动所需的时间。

求出这些值和最佳路径的程序的方法，可以参考图 2-4 的简单网络。字

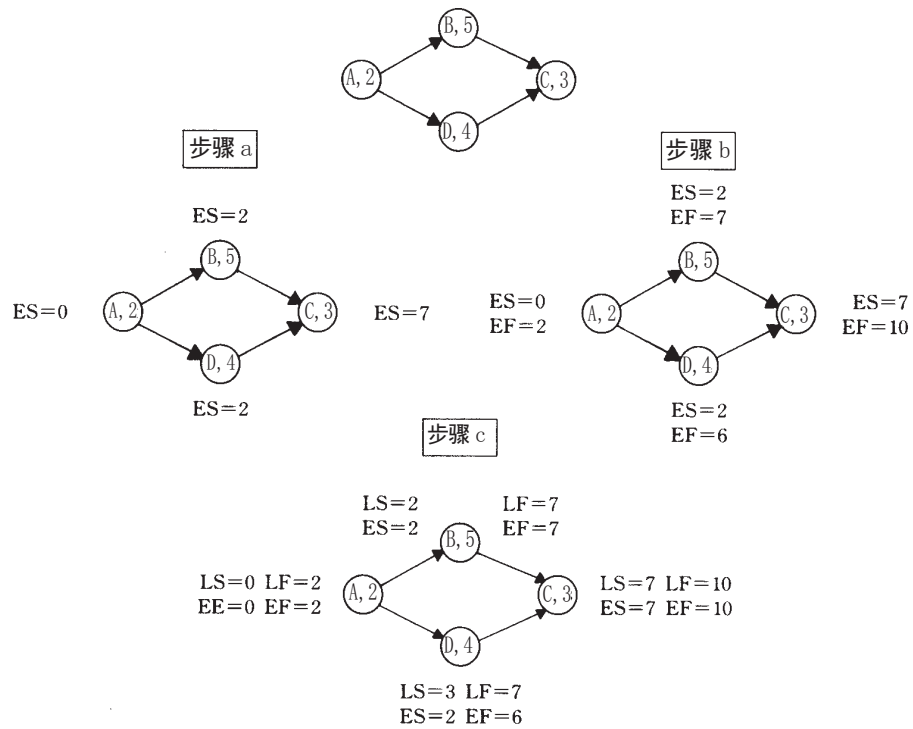


图 2-4 发展与求解——CPM 网络的步骤

母代表着活动，而数字代表着活动的时间。

a. 求出 ES 时间: 把 0 当成專案的开始，且等于活动 A 的 ES。求 B 的 ES，我们把 A 的时间(为 2)加到 0 中得到 2。同样地，C 的 ES 是 $0 + 2$ ，或是 2。为求出 D 的 ES，我们采取较大的 ES 和前置活动的时间: 因为 $B = 2 + 5 = 7$ ，而 $C = 2 + 4 = 6$ ，则 D 的 $ES = 7$ 。把这些值标示在图中(图 2-4 步骤 A)。求出最大值，因为直到它之前最长时间的活动完成后，活动 D 才开始。

b. 求 EF 的时间: A 的 EF 是其 $ES=0$ ，加上其时间 2，B 的 EF 是其 $ES=2$ 加上其时间 5，即是 7。实际上，当在整个网络进行时，我们把 EF 和 ES 都算在一起。即 $ES + \text{活动时间} = EF$ ，而 EF 变成下个项目的 ES，以此类推。

c. 求出最晚开始和最晚完成时间: 虽然把这些计算的过程以数学形式表示, 但是以直觉的方式表示, 其观念较容易说明与了解。基本方法就是在专案结束时, 先有一些所希望或假定的完成时间。由后往前溯源, 一次一个活动, 我们可决定此活动的开始时间可被延长多久, 而不会影响到接下来活动的开始时间。有关图表 2-4, 步骤 C 的网络样本, 我们可以假定专案的晚完成时间等于活动 D 的早完成时间, 即等于 10。若是如此的话, D 的最晚可能开始时间是 $10 - 3$, 或者 7。C 的最晚时间可以完成而不延误到 D 的 LS7, 这表示 D 的 LS 也是 7。B 的 LS 是 $7 - 5$ 或是 2。因为 A 在两个活动之前, LS 和 LF 之值的选择全赖于两者中哪一个活动会先开始。很显然地, B 决定了 A 的 LF 因为其 LS 是 2, 而 C 可以延迟一天而不会延误此专案。最后, 因为 A 必须于 2 天完成, 它不能晚于 0 天开始, 因为, 其 LS 是 0。

d. 决定每一活动的怠惰时间。每项活动的怠惰时间之意义, 可定义为不是 $LS - ES$ 就是 $LF - EF$ 。在这个例子中, 只有 C 活动有怠惰时间(1 天); 因此要径是 A、B、D。

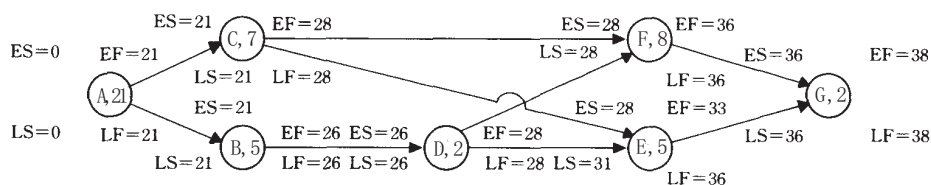
2. 早开始和晚开始的时间表

早开始时间表(early start schedule) 是一个列出所有活动的早开始时间的图表。而那些不在要径上的活动, 就有一个活动完成和下一个活动开始之间的怠惰时间。早开始时间表表示要愈早完成专案和所有其他活动越早越好。

晚开始时间表(late Start schedule) 列出越晚越好的活动, 而不延迟专案的完成日期。使用晚开始时间表的动机是为了延迟购买物料、劳工的使用和其他成本, 直到有必要开始为止。

3. 在电脑设计中应用 CPM 的专案

依照刚才描述的步骤, 我们求出要径和如图 2-5 所示的早和晚开始时间。



急情的计算与要径的决定

活动	LS-ES	急情	在要径上
A	0-0	0	√
B	21-21	0	√
C	21-21	0	√
D	26-26	0	√
E	31-28	3	
F	28-28	0	√
G	36-36	0	√

图 2-5 电脑设计专案的网络

若一项活动所需的单一估计值时间不可靠，最好的方法就是使用三种时间的估计值。这三种时间不只让我们评估活动时间的机会，同时也可得到整个网络完成时间的几率之估计。简而言之，其程序如下：所估计的活动时间是个平均值；多的加到最佳估计，而少的加到最多和最少的时间。通常所使用的比率是 4、1、1，如稍后所述。网络的估计完成时间的计算，乃使用基本统计方法：项目的程序的标准差是每项变异数总和的平方根，此即列在下面步骤 7 的 Z 之逻辑。然后，只要找到 Z（标准差的数目）于几率表中（如附表 E），我们就可得到完成的几率。我们所用的是先前所用的例子，只是活动有三个时间估计值。

- (1) 确认专案中所要做的各项活动。
- (2) 决定活动的顺序，并建立一个反映前置关系的网络。
- (3) 每项活动时间的三种估计是：

a = 乐观时间：活动可完成的最小合理时间。（几率：1%代表活动可能于更

短时间完成的几率)

m = 最可能的时间: 最佳所需时间的预测, 因为 m 会是最可能出现的时间, 它也是步骤 4 所讨论的 beta 分配的要素。

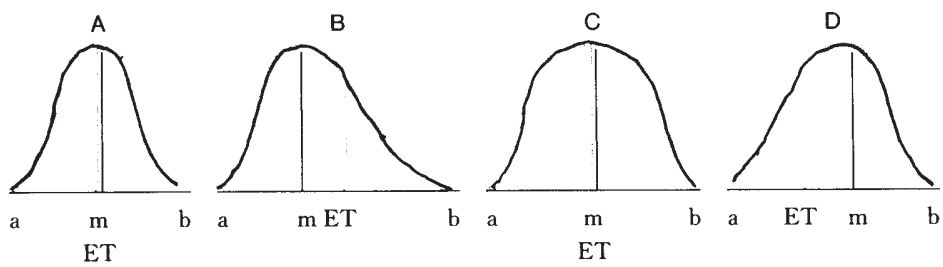
b = 悲观时间: 活动所需使用的最大合理时间。(大于此时间有一个几率, 一般假设为 1%。) 一般而言, 这个资料是由执行活动的人员来收集。

(4) 计算每项活动的预定时间(ET)。其公式是:

$$ET = \frac{a + 4m + b}{6}$$

这是基于 beta 统计分配, 并可算出比乐观时间(a)或悲观时间(b)多四倍的最可能时间(m)。beta 分配是完全弹性的; 它可用在一般出现的各种形式, 它有个有极限点可限制活动时间于 a 和 b 之间的区域(参见图 2-6), 而且在简易版本中允许直接计算活动平均值和标准差。四种典型的 beta 曲线描绘于图 2-6 中。

(5) 决定要径。要径的估计与单一时间的情形一样, 都用估计时间算出。



图表 2-6 典型的 beta 曲线

(6) 计算活动时间的变异数(σ^2)。这个变异数 σ^2 将与每个 ET 结合, 且其计算式如下:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$

如你所见, 这个变异数是两个时间估计之差的六分之一的平方。当如你所见, 这个变异数是两人时间估计之差的六分之一的平方。当然, 这个差愈大, 变异数就愈大。

(7) 决定在某一日期完成专案的几率。使用三种时间估计值, 其最大的价值在于它可使此分析获得专案时间不确定的结果, 用这个几率导出的公式如下:

- a. 把要径中每项活动有关的变异数值加总。
- b. 把此数字换成 Z 的公式, 随着专案的到期日和专案的预定之完成时间。此公式是:

$$Z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{cp}^2}}$$

其中:

D = 专案所需的完成日期

T_E = 专案的最早预期的完成时间

σ_{cp}^2 = 随着要径而来的变异数的总合

- c. 计算 Z 值, 它是从预定的完成时间而来的专案到期日的标准差的数目。
- d. 利用 Z 值, 求出符合专案到期日之几率(利用如附表 E 的常态几率)。

表 2-1 活动的预期时间和变异数

活动	活动设计	时间估计			预期时间(ET) $\frac{a+4m+b}{6}$	活动变异数(σ^2) $(\frac{b-a}{6})^2$
		a	m	b		
设计	A	10	22	28	21	9
做标准型	B	4	4	10	5	1
评估设备	C	4	6	14	7	$\frac{27}{9}$
测试标准型	D	1	2	3	2	$\frac{1}{9}$
写报告	E	1	5	9	5	$\frac{17}{9}$
写方法报告	F	7	8	9	8	$\frac{1}{9}$
写最佳报告	G	2	2	2	2	0

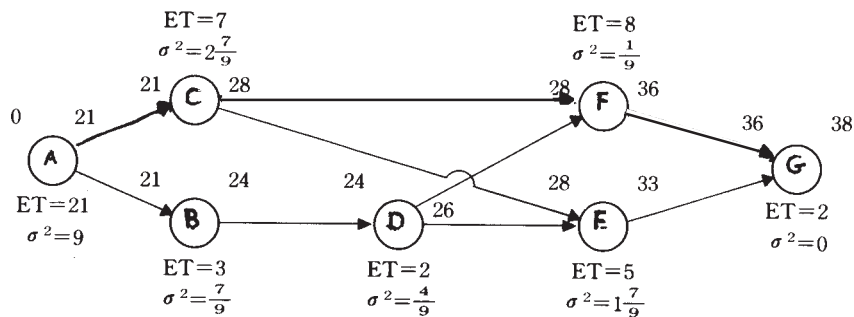


图 2-7 电脑设计专案含三种时间估计值

最早预期完成时间(the earliest expected completion time)就是开始时间加上要径中活动时间之和。

依照我们所描述的步骤,可发展出表 2-1 显示预期时间与变异数。专案网络的产生与我们先前所做的相同。惟一的差别是,活动时间是平均分配。

$$Z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{cp}^2}} = \frac{35 - 38}{\sqrt{11.89}} = -0.87$$