

第五章 项目的时间管理

第一节 项目活动的定义

第二节 项目活动的排序

第三节 项目活动时间的估计

第四节 项目进度管理的技术与方法

第五节 项目进度计划的制定

第六节 进度计划控制

项目的时间管理的一般步骤



第一节 项目活动的定义

一、项目活动的定义

依据： 识别为实现项目目标、完成项目可交付成果，项目团队成员和项目干系人必须开展的具体活动。每一项活动就是一个工作单元，他们有预期的时间、成本和资源要求。

考虑的信息：

项目的章程

项目范围说明
书

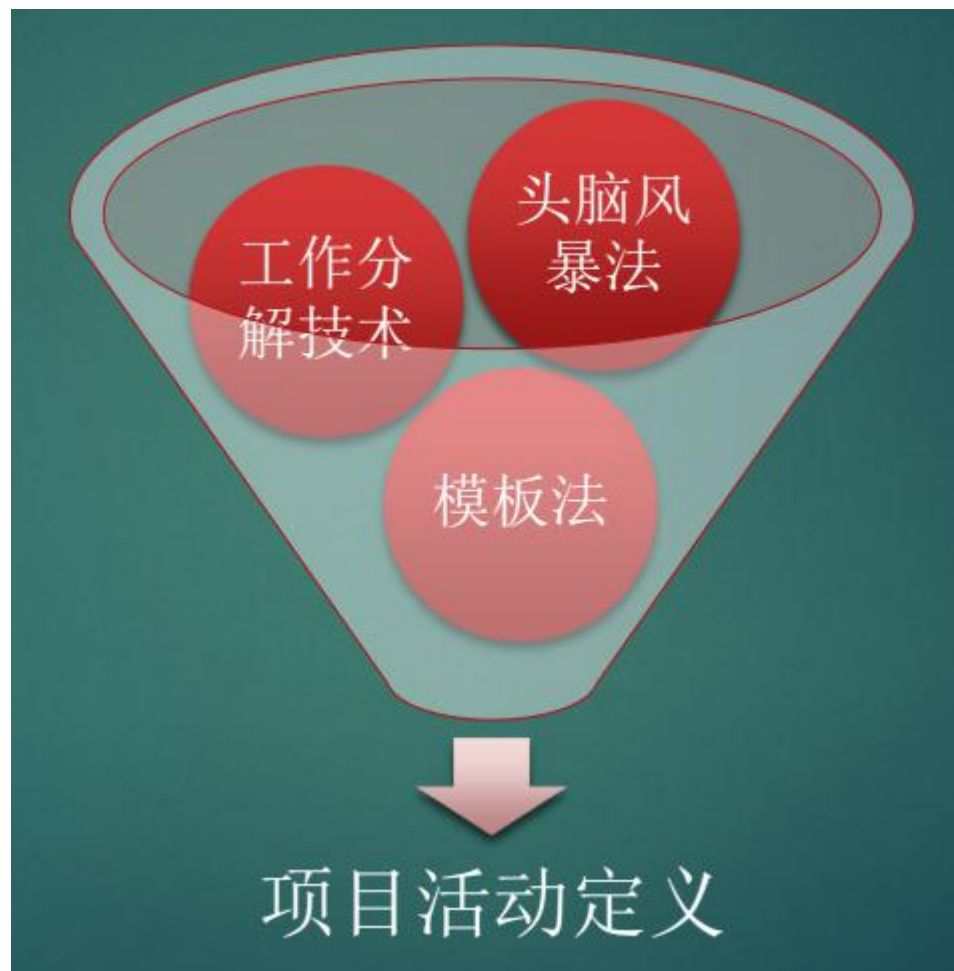
预算信息

项目的假设
条件

约束条件

历史信息和
专家的建议

二、项目活动定义的方法



三、项目活动定义的结果



第二节 项目活动的排序

一、活动排序的概念

项目活动排序（Scheduling）是为了进一步编制切实可行的进度计划做准备的。

项目活动排序需考虑：

(1) 硬逻辑关系

(2) 软逻辑关系

(3) 假设前提和约束条件

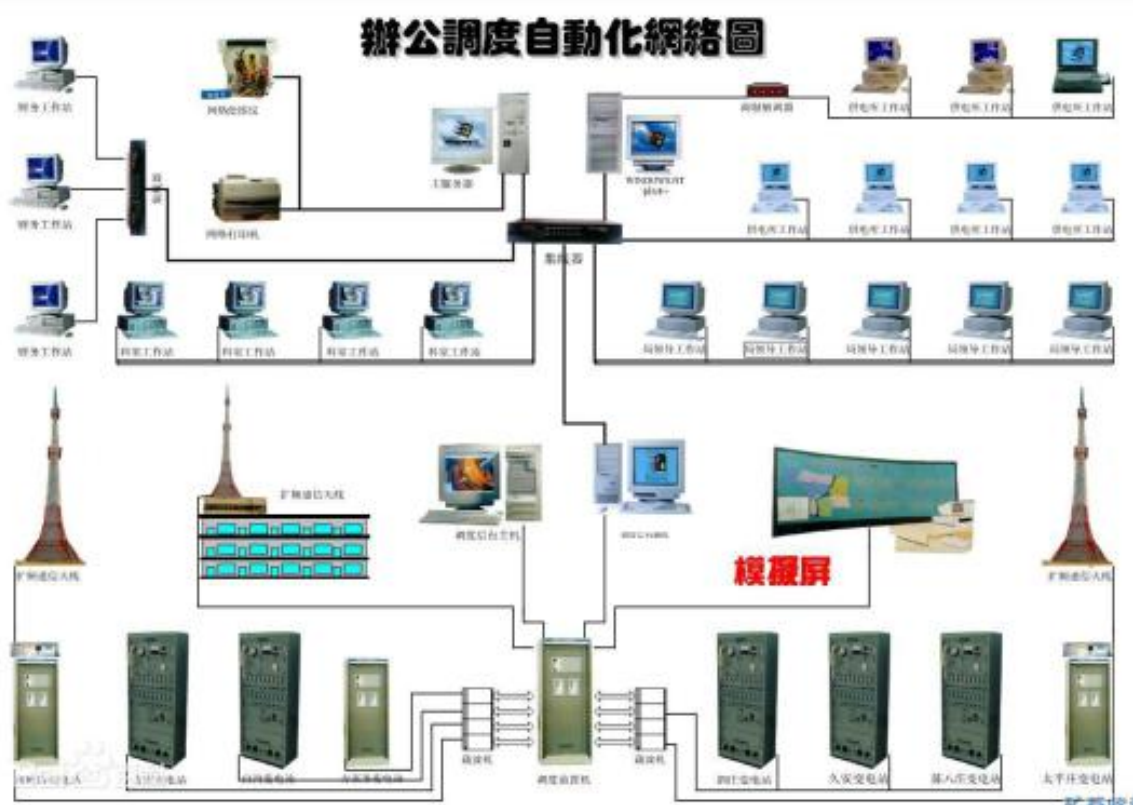
(4) 外部依存关系

二、项目活动排序的工具和方法

- (一) 网络图的概念及产生发展过程
- (二) 基本术语
- (三) 双代号网络图
- (四) 单代号网络图
- (五) 时间坐标网络计划图
- (六) 网络模板法

（一）网络图的概念及产生发展过程

- 1. 网络图的概念:网络图 (Network Chart) 是由箭线 (Arrow) 和节点 (Node) 组成的, 用来表示工作流程的有向的和有序的网状图形。



2. 网络图的产生与发展

1956年杜邦公司研究可供公司工程部门使用的新式管理技术，最早考虑的内容之一就是建筑施工计划和进度安排，并且采用了电子计算机。

1957年初，美国通用电子数字计算机应用研究中心对上述工作进行了总结和修改，发展成为最基本的Critical Path Method(CPM)，即关键线路法。

不断发展……

产生了关键线路计划及PERT、图示评审技术（GERT），风险评审技术（VERT）和决策网络技术（DNT）等方法。

(二) 基本术语

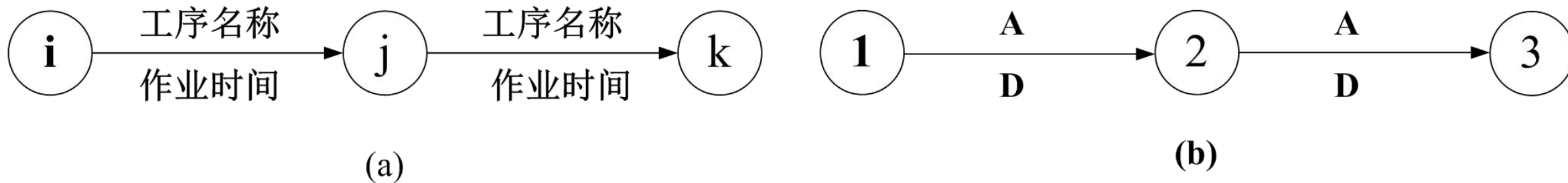
工作	内向箭线	外向箭线	紧前工作
紧后工作	先行工作	后续工作	平行工作
线路	线路段	虚工作	逻辑关系

(三) 双代号网络图

- 1. 双代号网络图概念及构成符号

以箭线或其两端节点的编号表示工作的网络图叫双代号网络图。

其构成符号及表达方式如下图所示：



工序的双代号表达图

- 2. 双代号网络图的绘图规则

- (1) 网络图的节点应用圆圈表示
- (2) 网络图必须按照已定的逻辑关系绘制
- (3) 网络图中一对节点编号只能表示一项工作
- (4) 网络图中严禁出现从一个节点出发，顺箭线方向又回到原出发点的循环回路。
- (5) 网络图中严禁出现双向箭头和无箭头的连线。
- (6) 严禁在网络中出现没有箭尾节点的箭线和没有箭头节点的箭线。
- (7) 严禁在箭线上引入或引出箭线，但当网络图的起点节点有多条外向箭线，或终点节点有多条内向箭线时，为使图形简洁，可用母线法绘图：使多条箭线经一条共用的竖向母线段从起点节点引出，或使多条箭线经一条共用的竖向母线段引入终点节点。

- (8) 绘制网络图时，宜避免箭线交叉，当交叉不可避免时，可用过桥法或指向法表示。
- (9) 网络图应只有一个起点节点和一个终点节点（多目标网络计划除外）。除网络计划终点和起点节点外，不允许出现没有内向箭线的节点和没有外向箭线的节点。

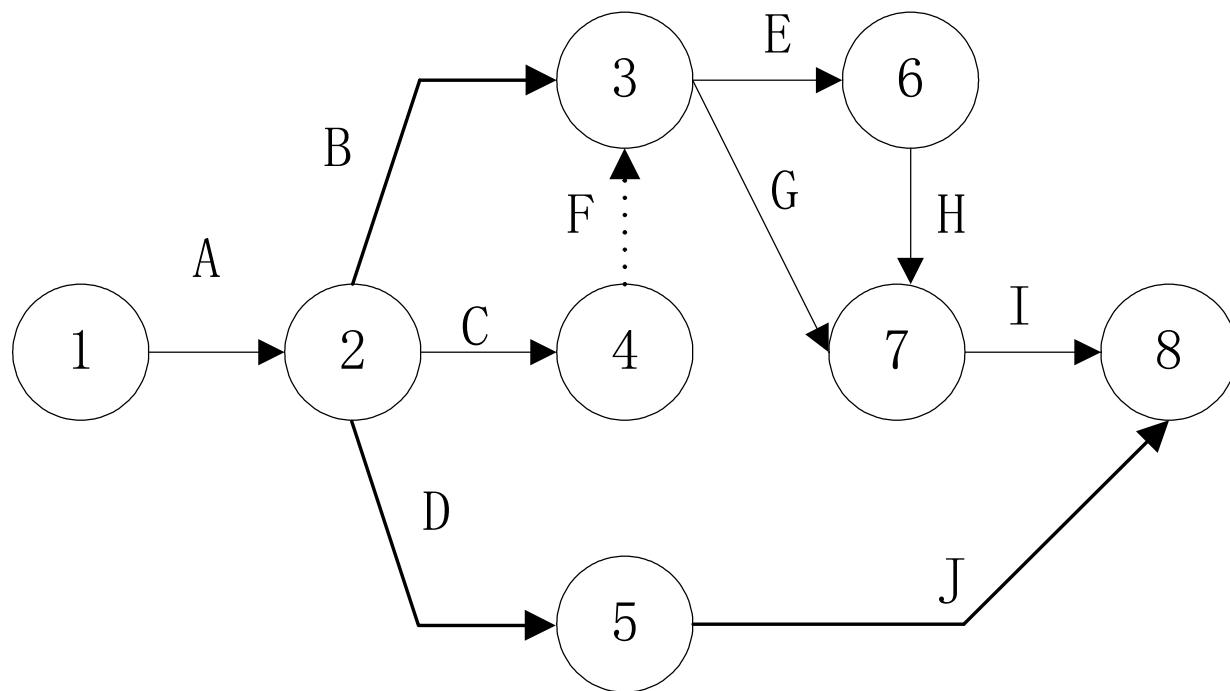


图5-2 包含虚节点的网络图

(四) 单代号网络图

- 1. 单代号网络图的概念及构成符号

以节点或该节点的编号表示工作的网络图叫**单代号网络图**

单代号网络图是由表示工作的节点和表示衔接关系的箭线构成的。

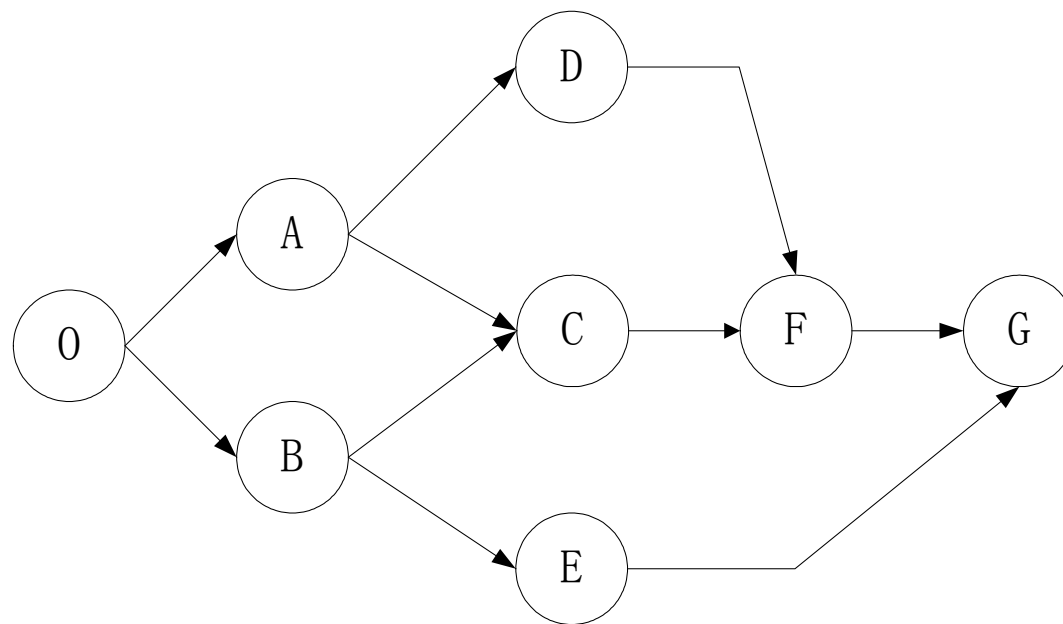
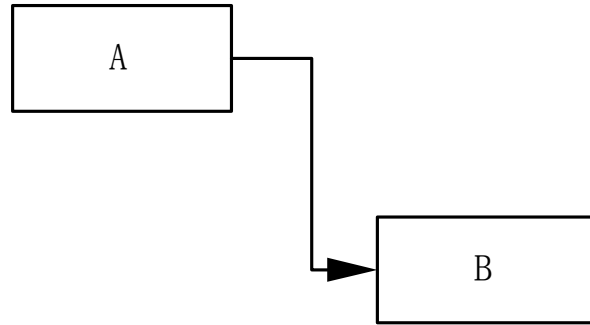
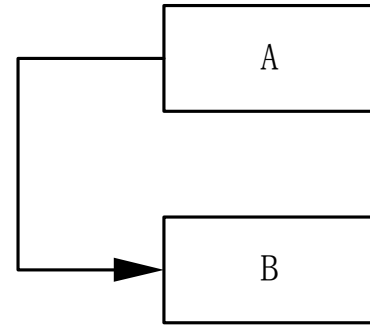


图5-3 单代号网络图

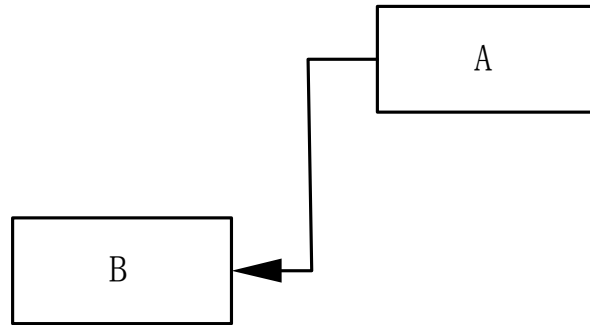
• 2. 单代号网络图绘制规则



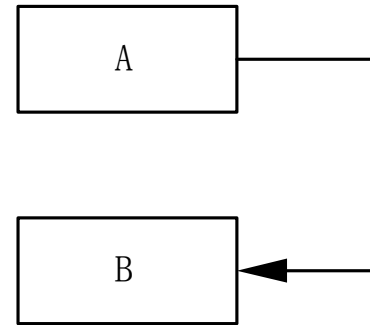
A. 完成——开始关系



B. 开始——开始关系



D. 开始完成关系

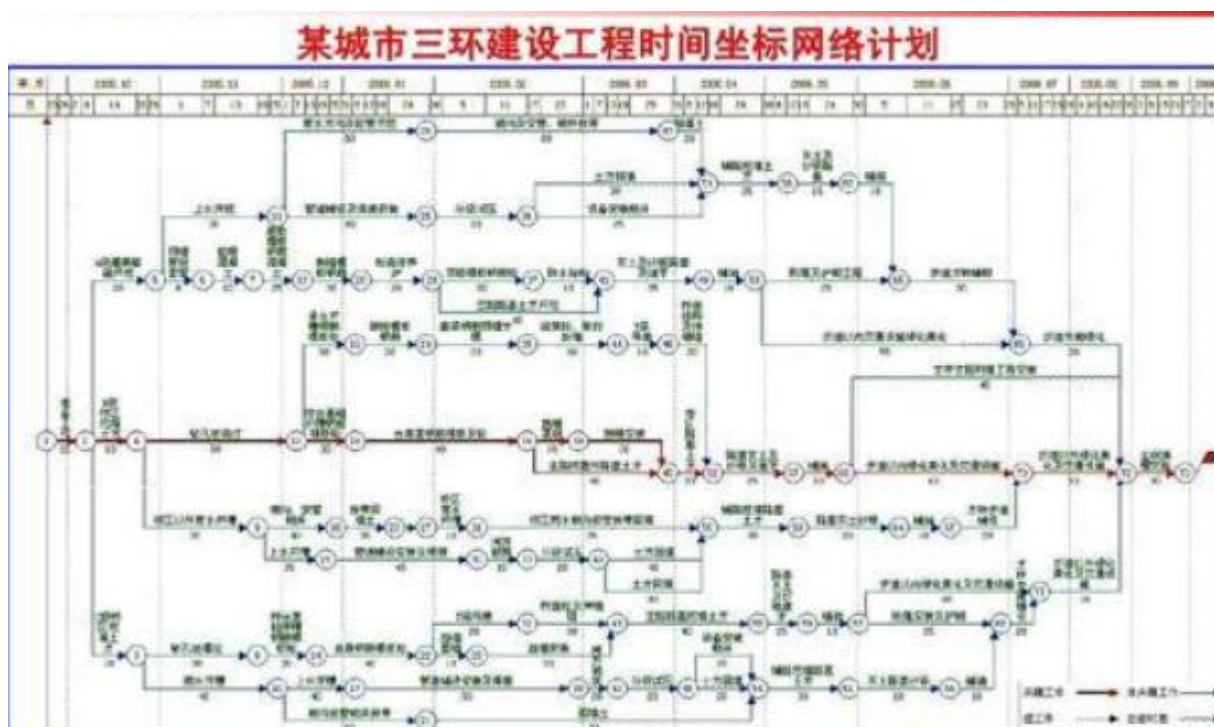


C. 完成——完成关系

图5-4 单代号网络图逻辑关系

(五) 时间坐标网络计划图

- 时间坐标网络计划图简称时标网络图或时标网络计划图，是以时间坐标为尺度绘制的网络计划图。
- 其绘图方法有两种，即间接绘图法和直接绘图法。



1. 时标网络图的间接绘制法

步骤一

(1) 先将关键工序以粗线或双线绘在图的中间位置。

步骤二

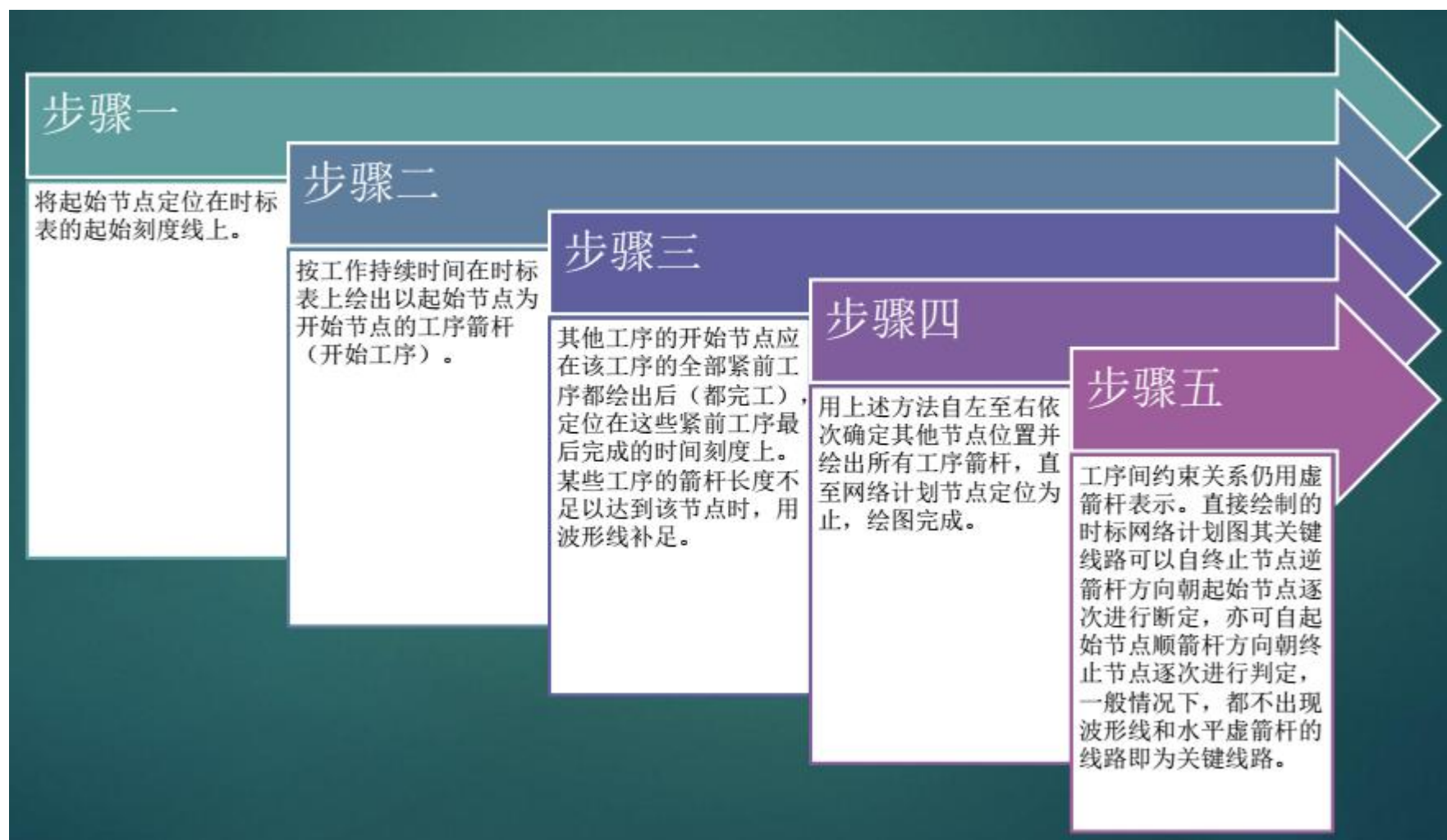
(2) 后自有关节点引出其他非关键工序箭杆，其时差（自由时差，此图只能显示自由时差）可用波形线表示出来，波形线和实线交界处画一圆点，以资醒目。

步骤三

(3) 不位于关键线路上的节点要调整到合理位置，注意不要出现相同的节点编号。

2. 时标网络图的直接绘制法

画出一般网络图后， 未经过时间分析， 需要根据工序间约束关系直接在坐标表上绘制网络图。



3. 时标网络图的特点

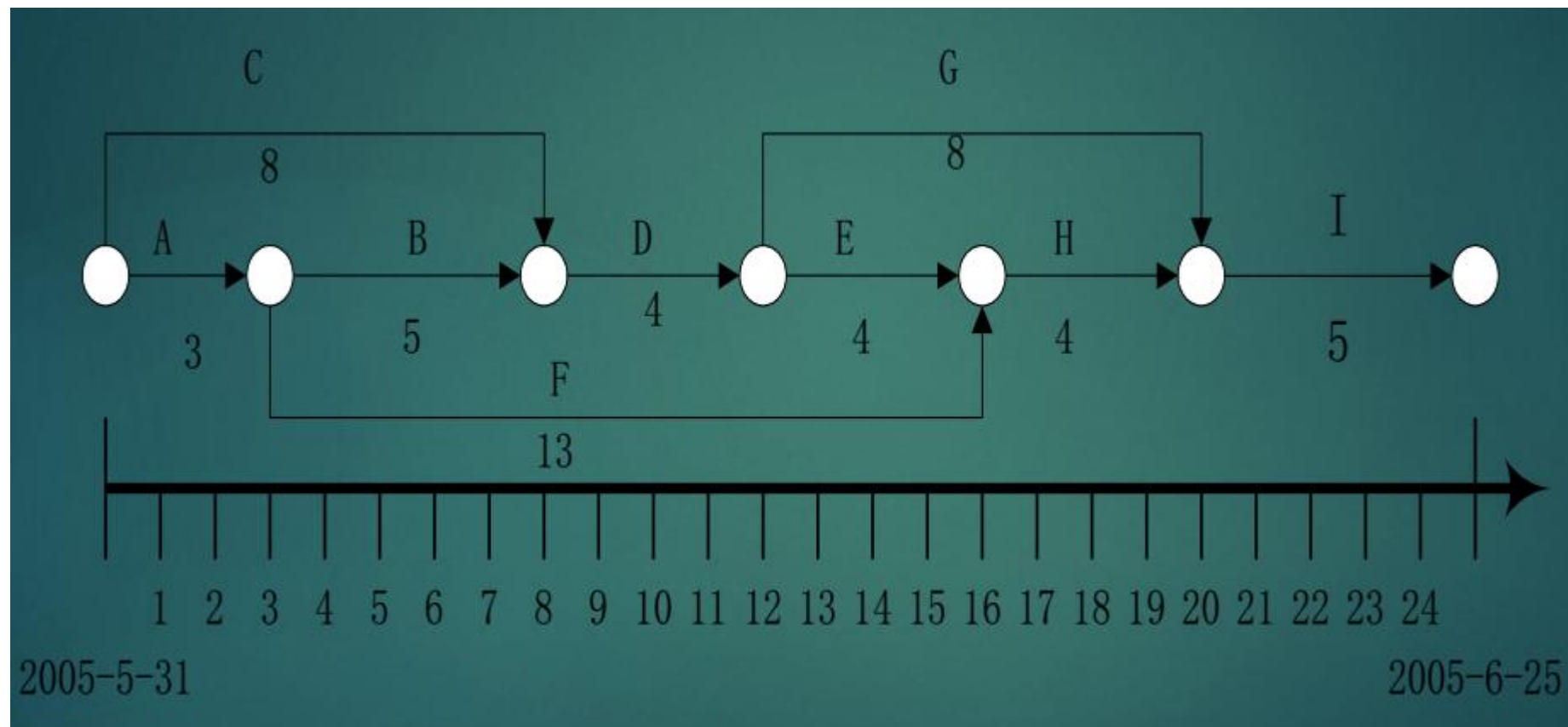
- 1、直观、易懂、清晰地看出各工序的开始与结束时间。
- 2、各工序在工程上的关键程度一目了然。
- 3、对于各项资源的管理和进行网络计划的资源优化。
- 4、便于对工程进度进行监督和控制。

[例5-1] 一个项目的工序和计划工期如表5-1， 要求绘制项目的时标网络图。

编号	工序名称	持 续 时 间(天)	开始时间	结束时间	紧 前 工 序编号	紧 后 工 序 编号
1	A	3	2005.05.31	2005.06.03		B, F
2	B	5	2005.06.03	2005.06.08	A	D
3	C	8	2005.05.31	2005.06.08		D
4	D	4	2005.06.08	2005.06.12	B, C	E, G
5	E	4	2005.06.12	2005.06.16	D	H
6	F	13	2005.06.03	2005.06.16	A	H
7	G	8	2005.06.12	2005.06.20	D	I
8	H	4	2005.06.16	2005.06.20	E, F	I
9	I	5	2005.06.20	2005.06.25	G, H	

某项目的工序和计划工期表

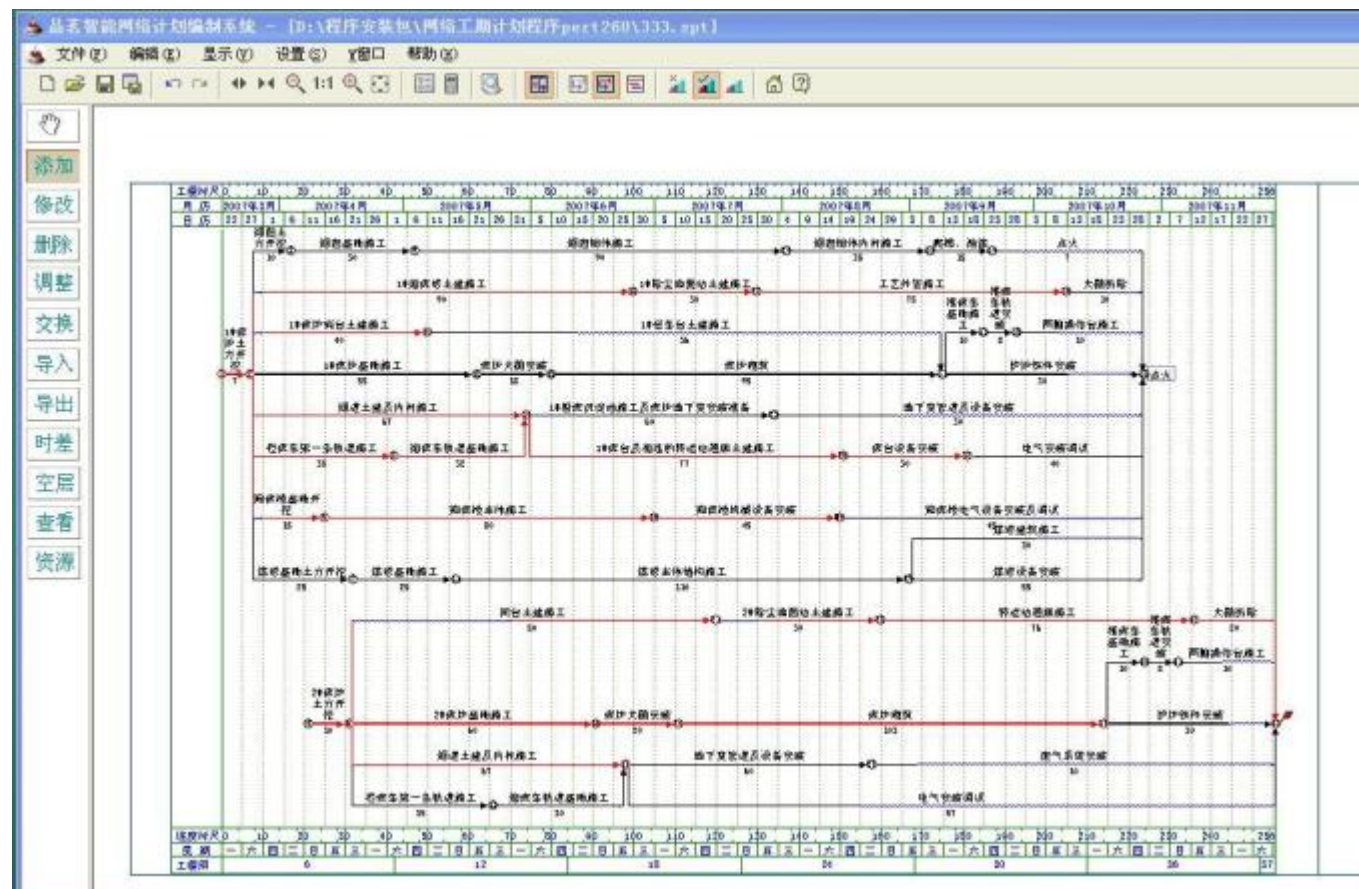
[解] 根据项目的工序和工期表， 绘制项目的时标网络图， 如图



项目时标网络图

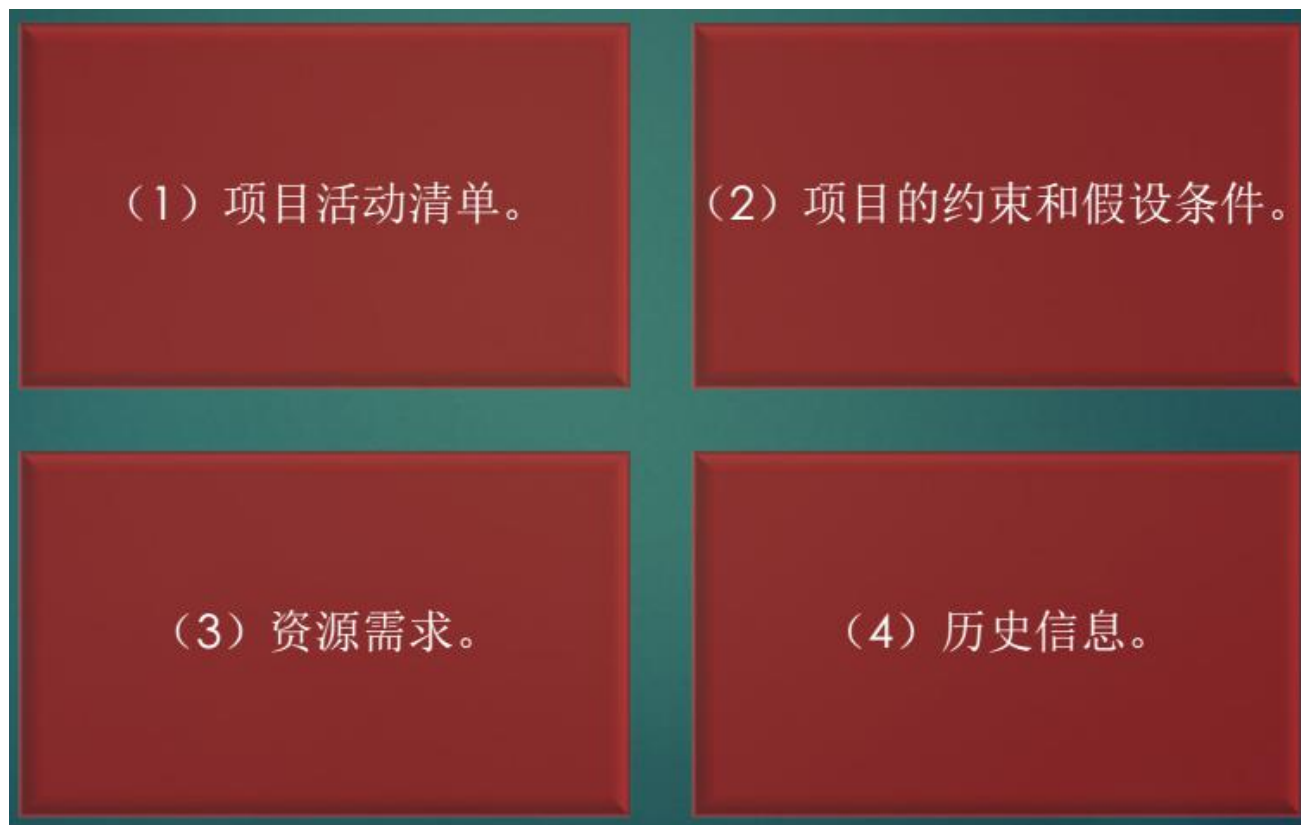
(六) 网络模板法

项目团队可以用一些标准的网络图或者过去完成项目的网络图作为新项目的网络图模板，根据新项目的实际情况来调整这些模板，就可以高效率的画出新项目的网络图。



第三节 项目活动时间的估计

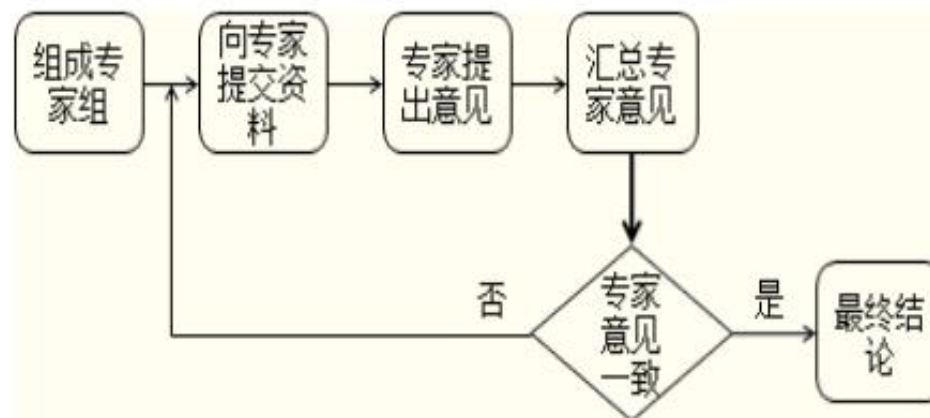
一、项目活动时间估算的依据



二、项目活动时间估算的方法和工具

(一) 专家判断法

借助专家的知识 and 经验，对项目活动的时间做出权威的估算的方法。



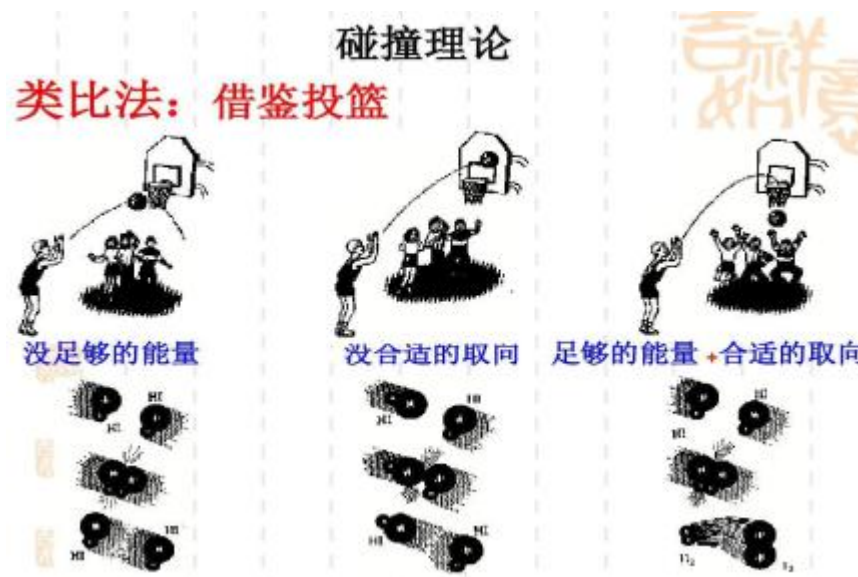
(二) 类比法

将过去和现在进行类比来推测估算未来项目活动所需的时间的方法。

类比法可靠的情形：

当前的项目活动和过去的活动
本质上是相同的

运用类比法的专家经验非常丰富



（三）定额算法
活动持续时间的计算公式：

$$t = Q / R * S$$

公式中

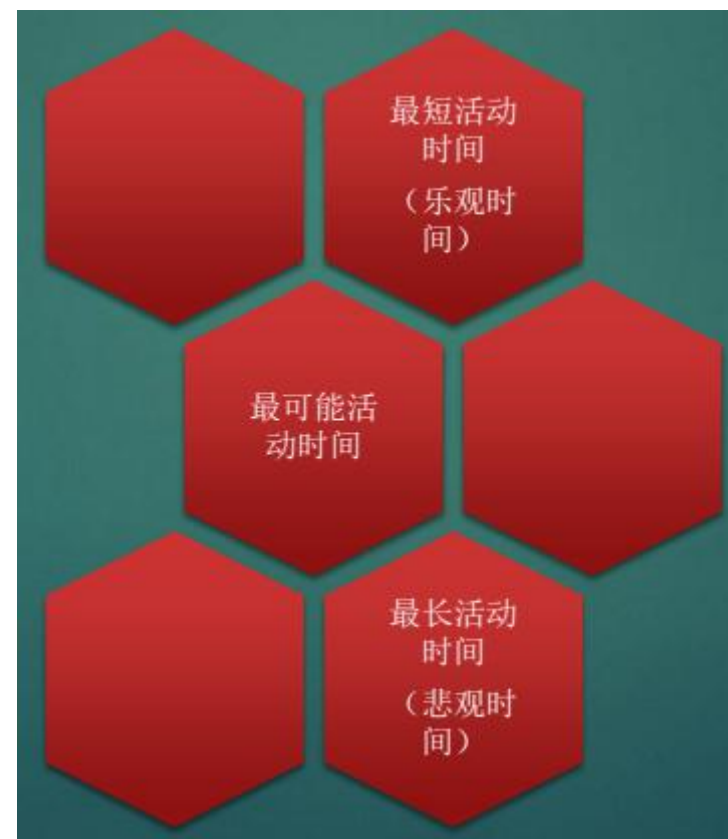
- T 代表 活动持续时间，可以用小时、日、周表示；
- Q 代表 活动的工程量，以实物度量单位表示；
- R 代表 人力和机器的数量，以人或者台数表示；
- S 代表 产量定额，以单位时间完成的工程量表示。

（四）三时估计法(模拟法) 5

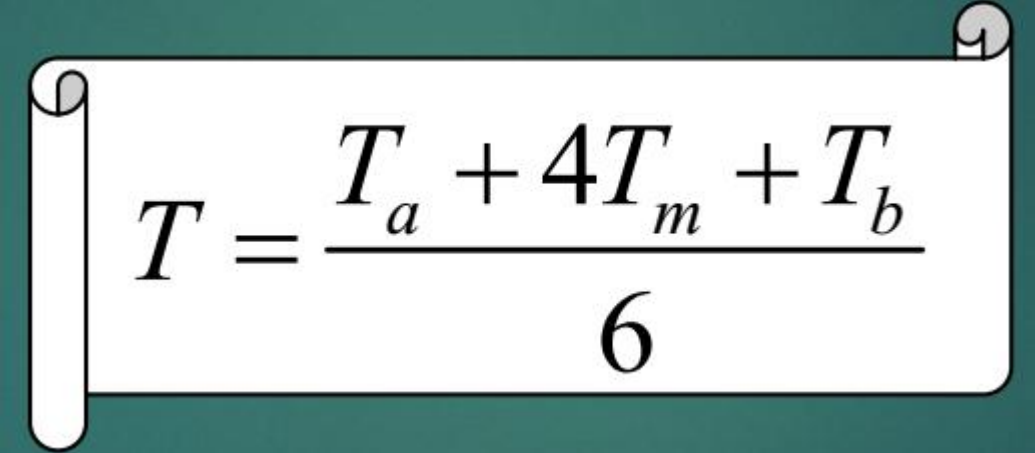
一种根据过去的经验，把供需的持续时间作为随机变量，应用概率论和统计学原理来估计时间值的方法。

适合用于采用新工艺、新方法、新材料而无定额可循的项目。

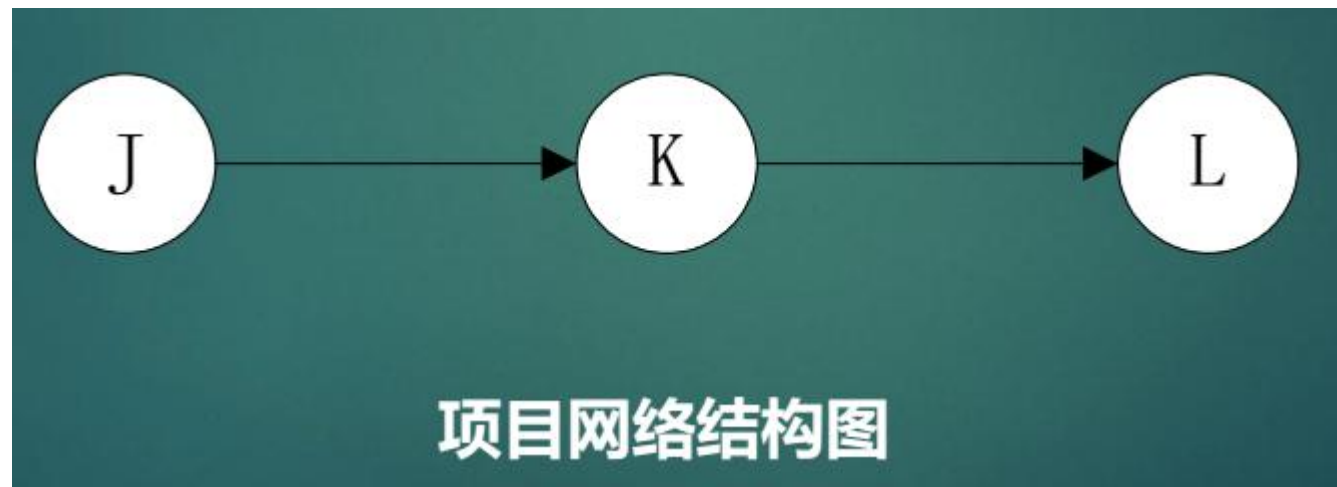
方法如下：



假设这三个时间服从分布，然后运用概率的方法得出各项活动的平均时间，如下：


$$T = \frac{T_a + 4T_m + T_b}{6}$$

[例5-2] 某一项目由三项活动 J、K、L 组成，其项目网络结构下图所示，活动 J、K、L 在正常情况下所需的时间为15、30、40天，活动 J、K、L 在最有利的情况下所需要的时间为10、28、36天；活动 J、K、L 在最不利情况下所需要的时间为20、35、45天；那么该项目各活动和整个项目的最可能的完成时间是多少？



[解]

活动J最有可能完成的时间 $T = (10 + 15 * 4 + 20) \text{天} / 6 = 15 \text{天}$

活动K最有可能完成的时间 $T = (28 + 30 * 4 + 35) \text{天} / 6 = 30.5 \text{天}$

活动L最有可能完成的时间 $T = (36 + 40 * 4 + 45) \text{天} / 6 = 40.2 \text{天}$

所以整个项目最有可能完成时间为： $15 + 30.5 + 40.2 \approx 86 \text{天}$

第四节 项目进度管理的技术与方法

□一、甘特图

□二、关键路径法

□三、计划评审技术

一、甘特图

甘特图又称为横道图

(Bar Chart)、条形图, 它

通过日

历形式列出项目活动工

期及

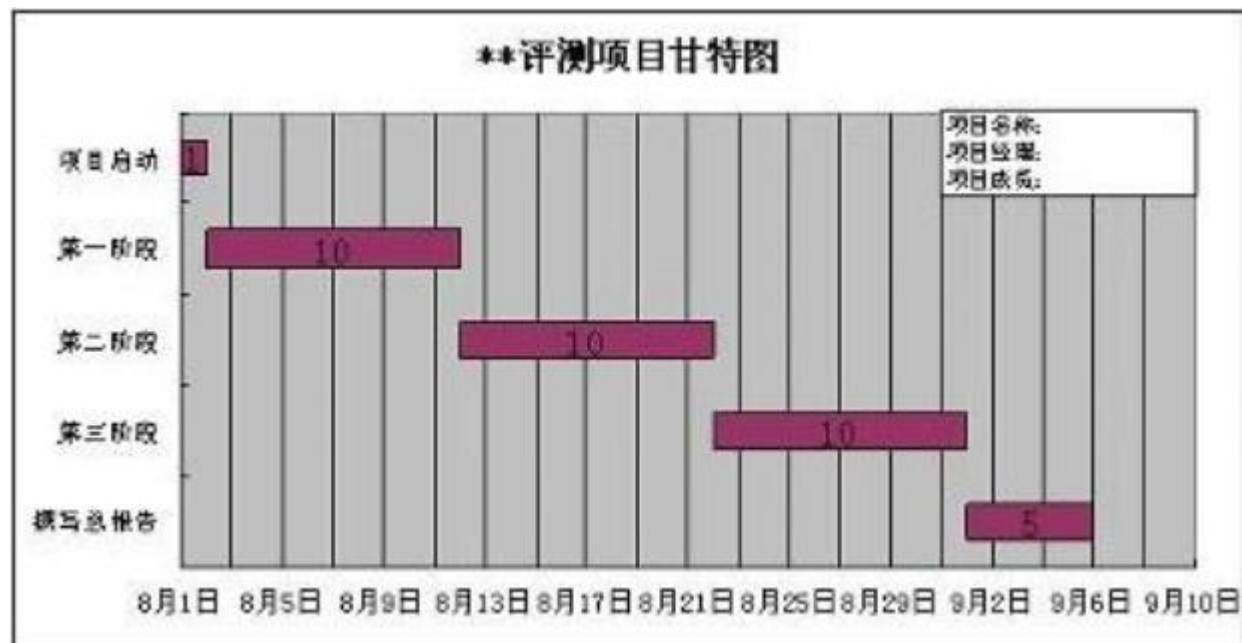
相应的开始和结束日期,

为

反映项目进度提供了一种很

好的

表达形式。



优点

- 简单、明了、易懂。因为有时间坐标，各项活动起始时间、持续时间、工作进度、总工期的情况都一目了然。

缺点

- 不能全面地反映出各项活动相互之间的关系和影响，不便进行时间参数的计算。

[例5-3] 某项目定于2005年6月1日开工，有A、B、C、D、E、F、G、H、I，9项活动构成，活动的历时、所需劳动资源状况和工作之间的逻辑关系见表5-2，请绘出该项目的甘特图和关联横道图。

表5-2 某项目工作清单

编号	工作名称	工期（天）	劳动力人数（人）	紧前工作	紧后工作
1	A	4	5		B,C
2	B	6	5	A	D
3	C	6	3	A	D
4	D	2	4	B,C	E,F
5	E	4	2	D	
6	F	5	2	D	G
7	G	3	3	F	H
8	H	4	6	G	I
9	I	3	3	H	

[解] 根据项目的计划要求，绘制的甘特图如下：

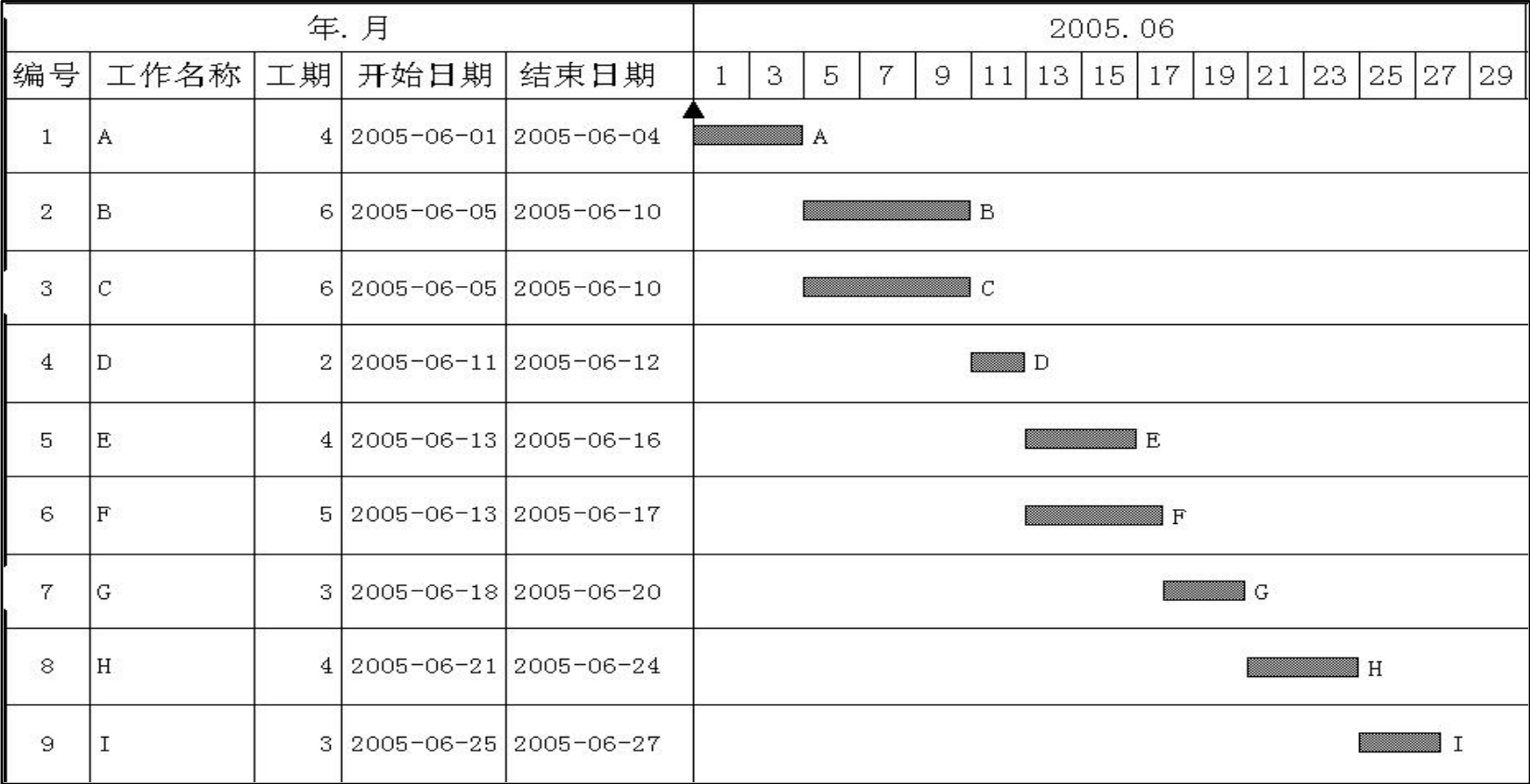


图5-7 甘特图

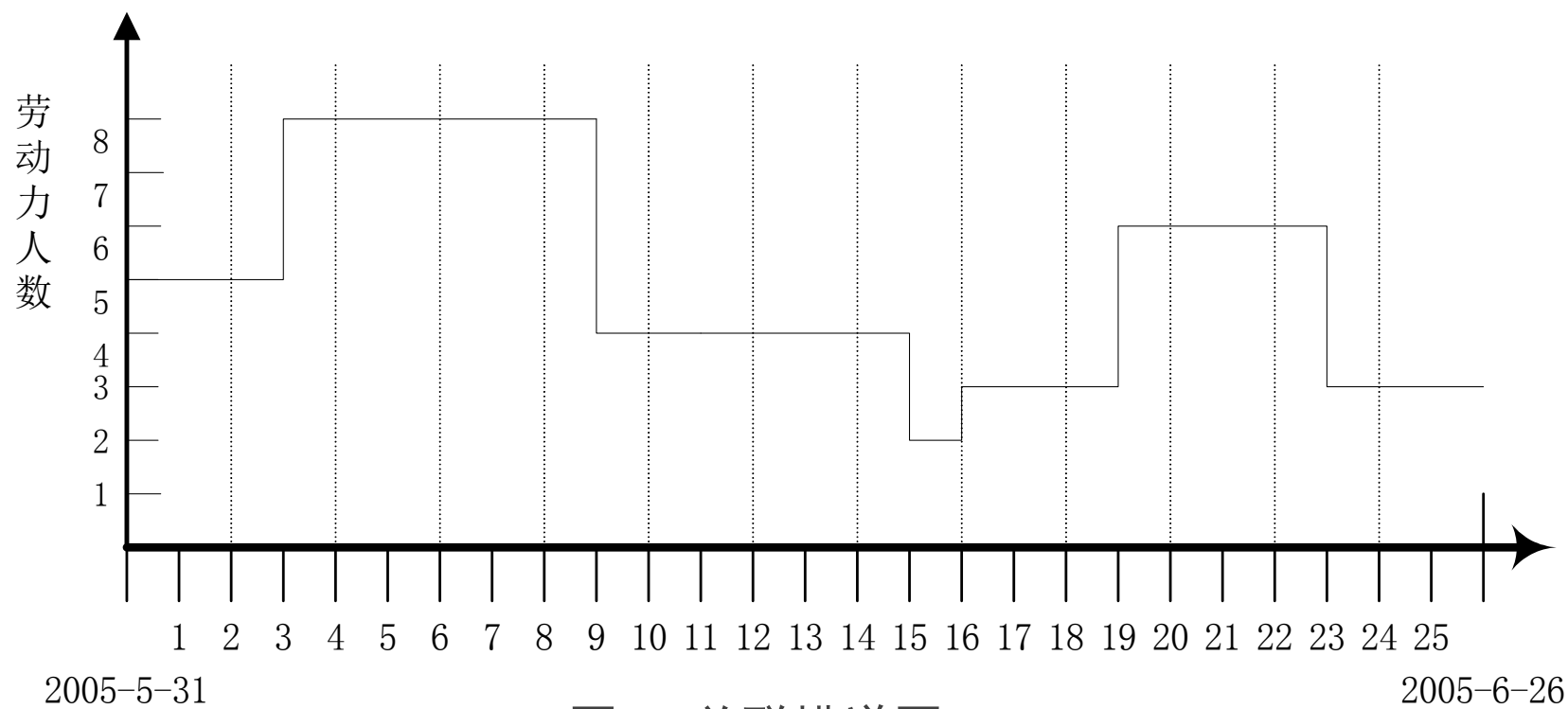


图5-8关联横道图

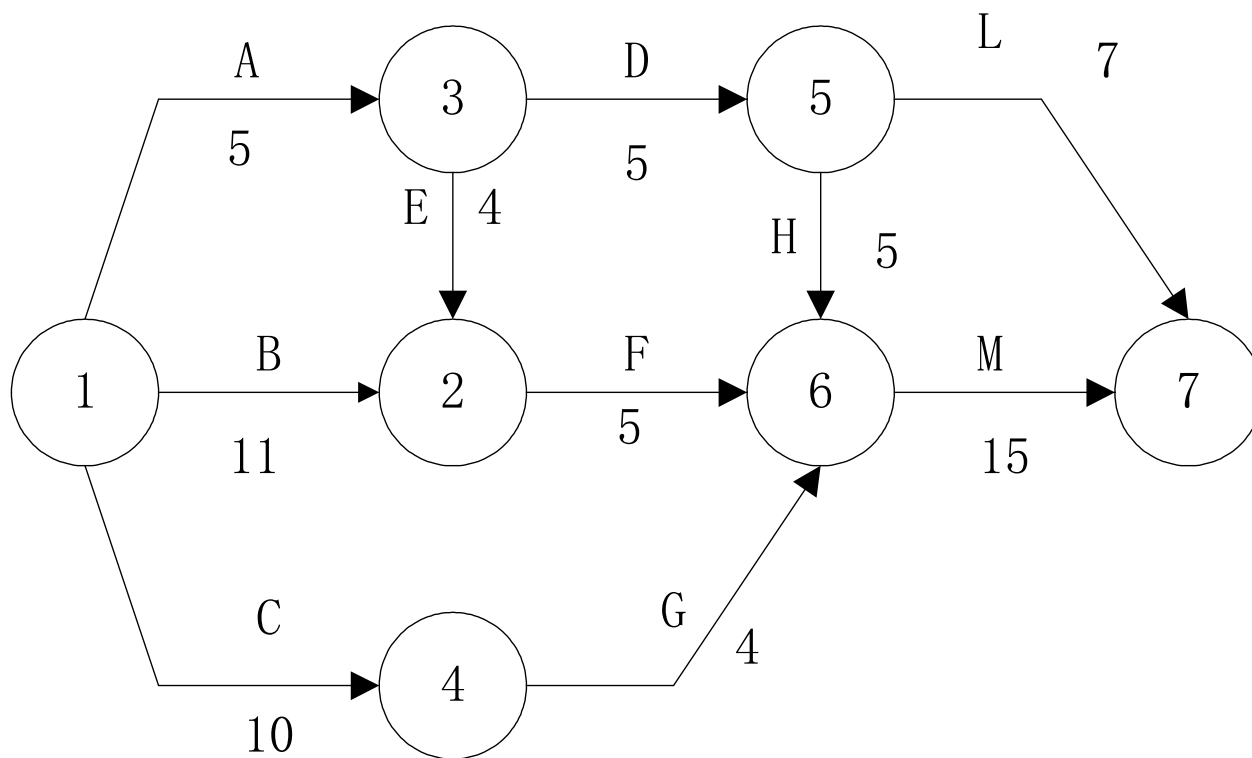
二、关键路径法

- （一）节点时间参数的计算
- （二）工序基本时间参数的计算
- （三）时差计算
- （四）双代号网络图关键线路的确定

(一) 节点时间参数的计算

- 1. 节点最早时间 (TE) 的计算

网络图中每个节点都有两个时间参数，即：节点最早时间 (Earliest Time, 简称TE) 和节点最迟时间 (Latest Time, 简称LT)。



1. 节点最早时间 (TE) 的计算

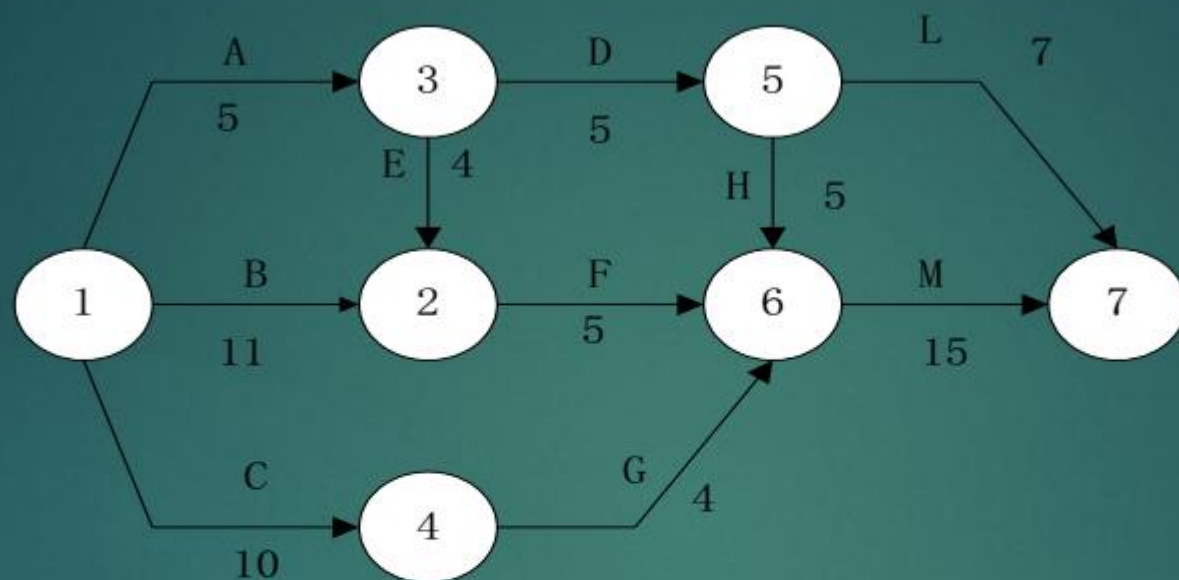


图5-9 时间参数计算示例

设有某网络计划它有 A、B、C、D、E、F、G、H、L、M, 10道工序7个节点。起始节点编号为1, 终止节点编号为7, 工序A为1-3所代, 工序B为1-2所代, 以下类推。该网络计划开始时间为0, 相对于这个时间每个节点都有一个最早时间。很显然, 起始节点的最早的时间为零, 即: $TE_1 = 0$

网络图中任一节点 (j) 的最早时间等于该节点每个紧前工序的开始节点 (i) 的最早时间与该工序作业时间之和中取最大值，即：

$$TE_j = \max(TE_i + D_{i-j})$$

计算规则是从网络图的起始节点开始，沿箭头方向逐点向后计算。图5-8所示网络图各节点最早时间计算如下：

$$TE_1 = 0$$

$$TE_3 = \max(TE_1 + D_{1-3}) = 0 + 5 = 5$$

$$TE_5 = \max(TE_3 + D_{3-5}) = 5 + 5 = 10$$

$$TE_2 = \max(TE_1 + D_{1-2} : TE_3 + D_{3-2}) = \max(0 + 11 : 5 + 4) = 11$$

$$TE_4 = \max(TE_1 + D_{1-4}) = 0 + 10 = 10$$

$$TE_6 = \max(TE_5 + D_{5-6} : TE_2 + D_{2-6} : TE_4 + D_{4-6}) = \max(10 + 5 : 11 + 5 : 10 + 4) = 16$$

$$TE_7 = \max(TE_5 + D_{5-7} : TE_6 + D_{6-7}) = \max(10 + 7 : 16 + 15) = 31$$

2. 节点最迟时间 (TL) 的计算

当某一网络计划有指定完工时间 (T_r) 时, 显然终止节点 (n) 的最迟时间 (TL_n) 应为:

$$TL_n = \text{指定工期 } (T_r) \text{ 或合同工期}$$

因为制定任何工程计划, 总希望计划能够尽早实现, 当无指定工期要求时, 一般都是终止节点的最迟时间等于其最早时间, 即:

$$TL_n = TE_n$$

那么, 相对于终止节点最迟时间, 每个节点都有一个最迟时间, 它等于该节点每个紧后工序的结束节点 (j) 的最迟时间与该工序作业时间之差中取最小值。即:

$$TL_i = \min(TL_j - D_{i-j})$$

计算规则是从网络图终止节点出发，逆着箭头方向逐点向前计算。仍以图5-9所示网络图为例计算如下：

$$TL_7 = TE_7 = 31$$

$$TL_6 = \min(TL_7 - D_{6-7}) = 31 - 15 = 16$$

$$TL_4 = \min(TL_6 - D_{4-6}) = 16 - 4 = 12$$

$$TL_2 = \min(TL_6 - D_{2-6}) = 16 - 5 = 11$$

$$\begin{aligned} TL_5 &= \min(TL_7 - D_{5-7} : TL_6 - D_{5-6}) \\ &= \min(31 - 7 : 16 - 5) \end{aligned}$$

$$= \min(24 : 11) = 11$$

$$\begin{aligned} TL_3 &= \min(TL_2 - D_{2-3} : TL_5 - D_{3-5}) \\ &= \min(11 - 4 : 11 - 5) \end{aligned}$$

$$= \min(7 : 6) = 6$$

$$\begin{aligned} TL_1 &= \min(TL_4 - D_{1-4} : TL_2 - D_{1-2} : TL_3 - D_{1-3}) \\ &= \min(11 - 10 : 11 - 11 : 6 - 5) \\ &= \min(1 : 0 : 1) = 0 \end{aligned}$$

从上述计算中可以看出，可以在图上直接计算，数字注在节点旁边的方框内。

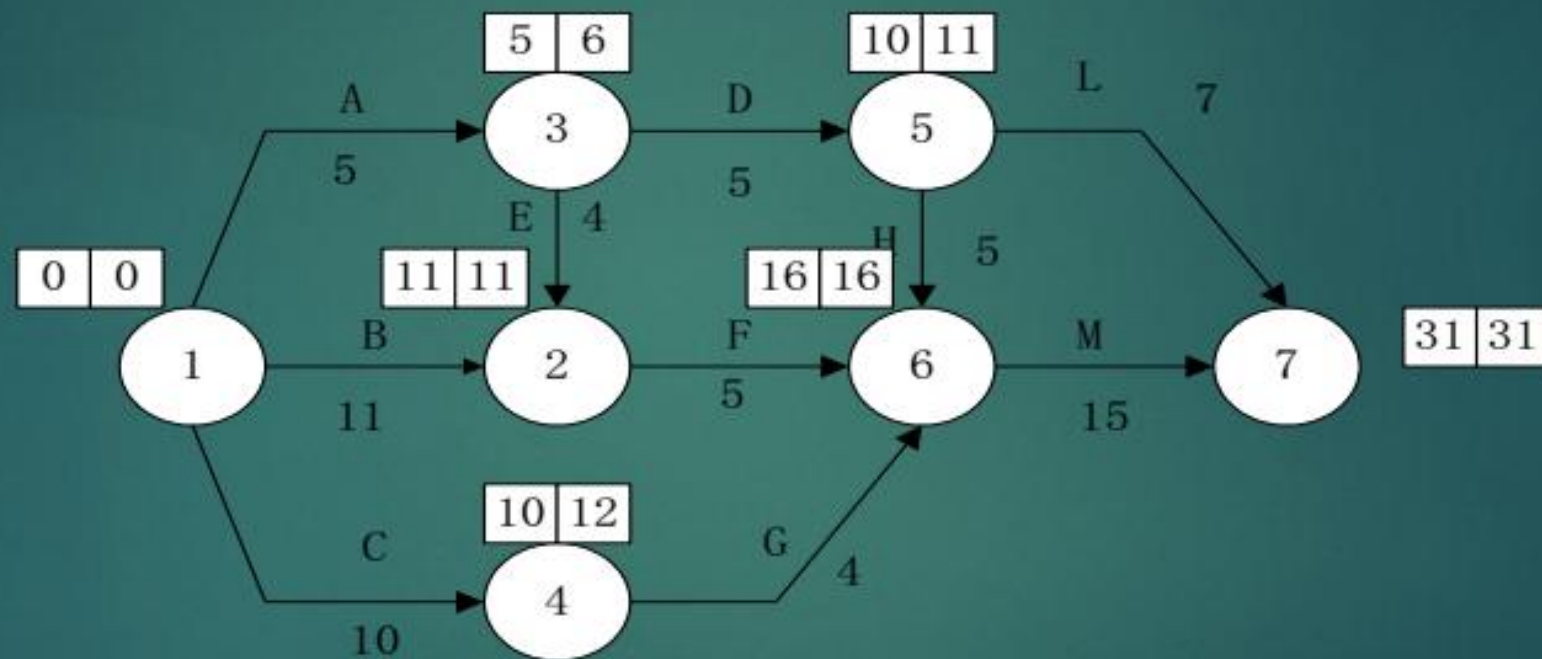


图5-10 节点时间参数计算示例

(二) 工序基本时间参数的计算

基本时间参数			
工序最 早开始 时间 ES	工序最 早结束 时间 EF	工序最 迟开始 时间 LS	工序最 迟结束 时间 LF

(1) 工序的最早开始时间 ES_{i-j} 。任一工序必须在其紧前各工序完工后才能开始，故工序最早开始时间应等于紧前各工序最早都能完工的时间。根据节点最早时间含义，显然： $ES_{i-j} = TE_i$

(2) 工序的最早结束时间 EF_{i-j} 。它等于其最早开始时间加上本身作业时间。

$$EF_{i-j} = ES_{i-j} + D_{i-j} \text{ 或 } EF_{i-j} = ES_{i-j} + D_{i-j}$$

(3) 工序的最迟结束时间 LF_{i-j} 。系指该工序最迟必须在此时结束，再迟就会耽误工期，根据节点最迟时间（UM）的含义，显然： $LF_{i-j} = TL_j$

(4) 工序的最迟开始时间 LS_{i-j} 。它等于其最迟结束时间减去本身作业时间。 $LS_{i-j} = LF_{i-j} - D_{i-j}$ 或 $LS_{i-j} = TL_j - D_{i-j}$

上题计算结果如下：

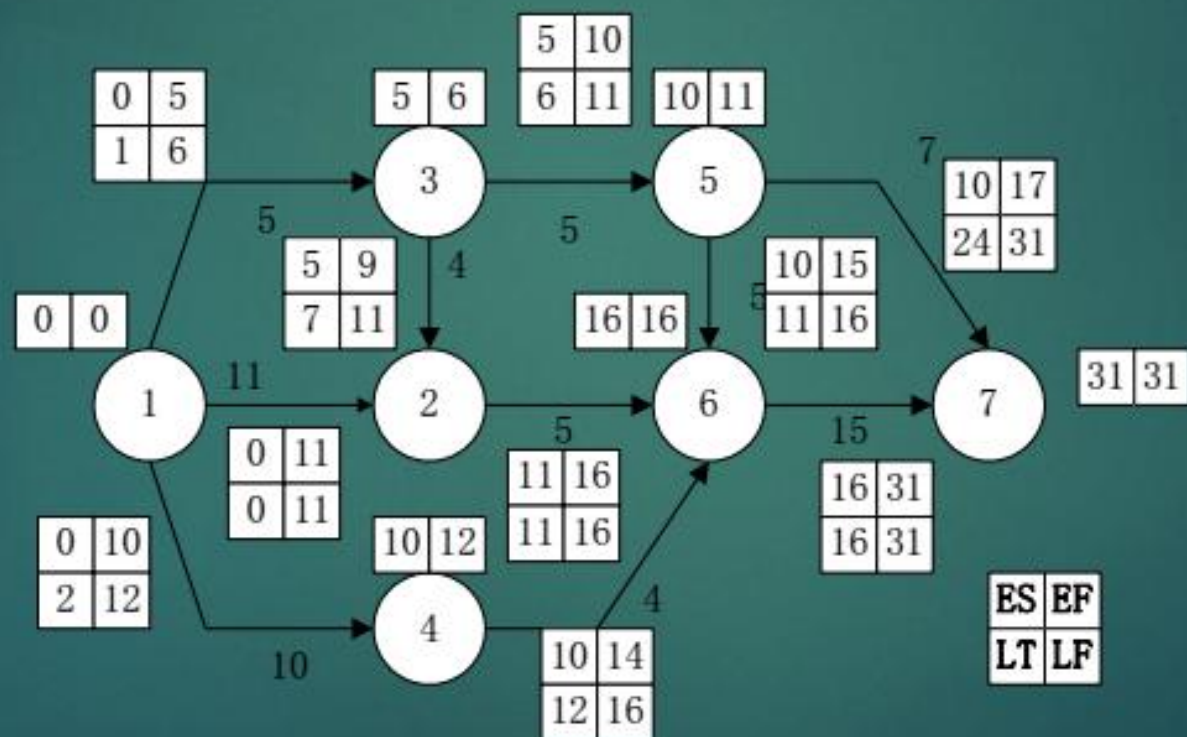


图5-11 工序时参数的图上计算

（三）时差计算

机动时间又称时差（float），网络图中主要有两种时差，即线路时差和工序总时差，工序总时差又分为工序自由时差和相干时差。



- (1) 线路时差在网络图中

线路	线路时间长度 (T)	线路时差 (P)
$L_1: \quad 1-3-5-7$	$T_1 = 5 + 5 + 7 = 17$	$P_1 = 31 - 17 = 14$
$L_2: \quad 1-3-5-6-7$	$T_2 = 5 + 5 + 5 + 15 = 30$	$P_2 = 31 - 20 = 1$
$L_3: \quad 1-3-2-6-7$	$T_3 = 5 + 4 + 5 + 15 = 29$	$P_2 = 31 - 29 = 2$
$L_4: \quad 1-2-6-7$	$T_4 = 11 + 5 + 15 = 31$	$P_4 = 31 - 31 = 0$
$L_5: \quad 1-4-6-7$	$T_5 = 10 + 4 + 15 = 29$	$P_5 = 31 - 29 = 2$

- (2) 工序总时差

$$TF_{i-j} = T_{i-j}^{\max} - D_{i-j} = TL_j - TE_i - D_{i-j} \quad \text{或} \quad TF_{i-j} = LF_{ij} - EF_{ij}$$

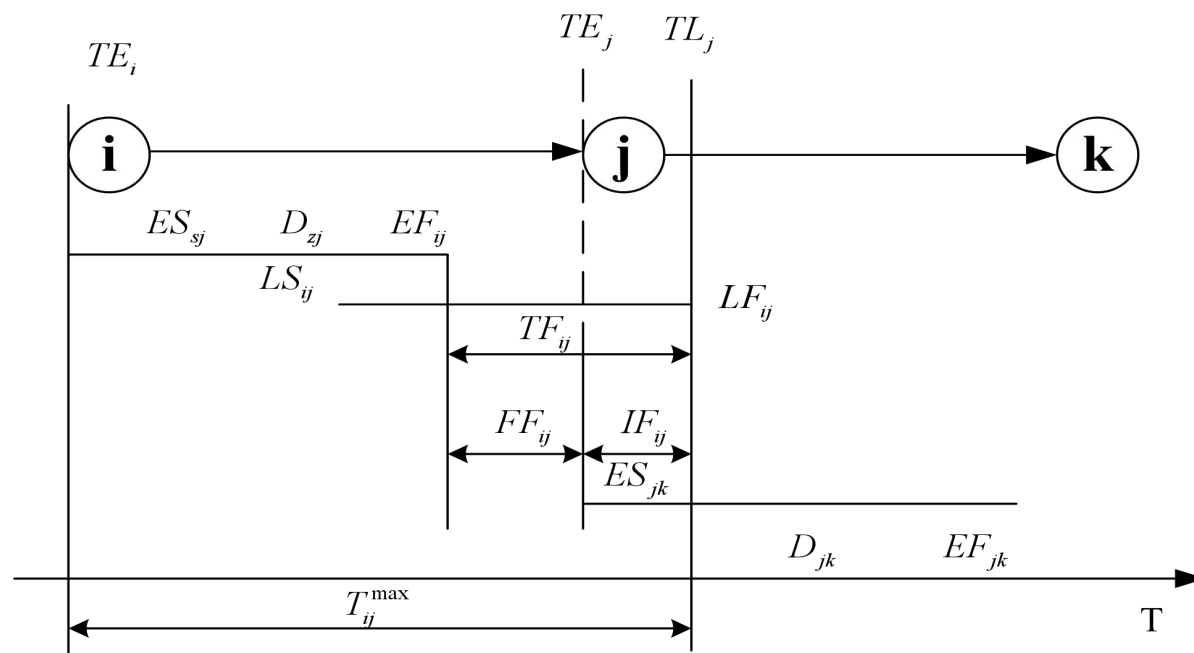


图5-12 时差示意图

（四）双代号网络图关键线路的确定

- 判断关键工序的方法有二：
- 方法一：关键工序的基本的时间参数应满足如下要求：

$$ES_{i-j} = LS_{i-j}$$

- 方法二：关键工序的总时差为零，即：

$$LF_{i-j} - ES_{i-j} = D_{i-j}$$

$$TF_{i-j} = 0$$

关键线路一般特性：

(1) 关键线路上各工序的总时差为零；自由时差和相干时差亦为零；

(2) 关键线路是由起点至终点所有线路中作业时间最长的线路，工期的长短取决于关键线路的长短，欲缩短工期必须在关键线路上着手；

(3) 关键线路不一定只有一条，可能有数条，关键线路越多，说明计划安排得越紧凑，当然也增加了计划实现的困难性（风险性越大）。

(4) 非关键线路如果用掉了线路时差，就变成了关键线路。线路时差并不等于工序总时差，也不等于该线路上各工序总时差之和，而是等于各工序自由时差之和。

三、计划评审技术

- 计划评审技术的活动时间估计一般运用三时估计法，活动的期望时间为，则：

$$T = \frac{T_a + 4T_m + T_b}{6}$$

- T_a 为最乐观时间； T_m 最可能时间； T_b 最悲观时间；

$$\sigma = \frac{T_b - T_a}{6}$$

- 活动时间的标准方差

- 假定，网络图中项目活动的总时间服从正态分布 $N(\mu, \sigma)$ ，其中 μ 为活动时间的标准差。
- 在计算规定的时间内完成时，式中 $\mu = T$ σ
 表示项目要求的完工时间， 关键路径所有活动时间的平均时间， 表示项目关键路径所有活动时间的标准差。

$$z = \frac{r - \mu}{\sigma}$$

r

μ

σ

第五节 项目进度计划的制定

一、项目进度计划的制定

• （一）项目进度计划制定的依据



• （二）项目进度计划制定的程序和方法

项目的进度计划一定要以签署的合同工期为控制标准来制定。



二、项目进度计划的优化

- (一) 在不增加资源的前提下压缩工期

在不增加系统资源的前提下压缩工期有两条途径：



(二) 压缩关键活动

压缩关键活动是在初始网络计划的工期计算上进行的，通过计算工期与指令工期的比较，找到需要缩短的时间，然后重新绘制网络图，确定关键路线。



(三) 工期费用的优化方法

1. 工期费用优化的原理

为了加快项目的进度，就必须增加投入，如果要以最少的增加投入得到最优的网络计划，首先要明确的是项目的工期和费用的关系。

项目活动的完成时间并不是一个常量，它会随着项目费用的变化而变化。通常用项目活动的工期费用曲线图来表示这种关系。

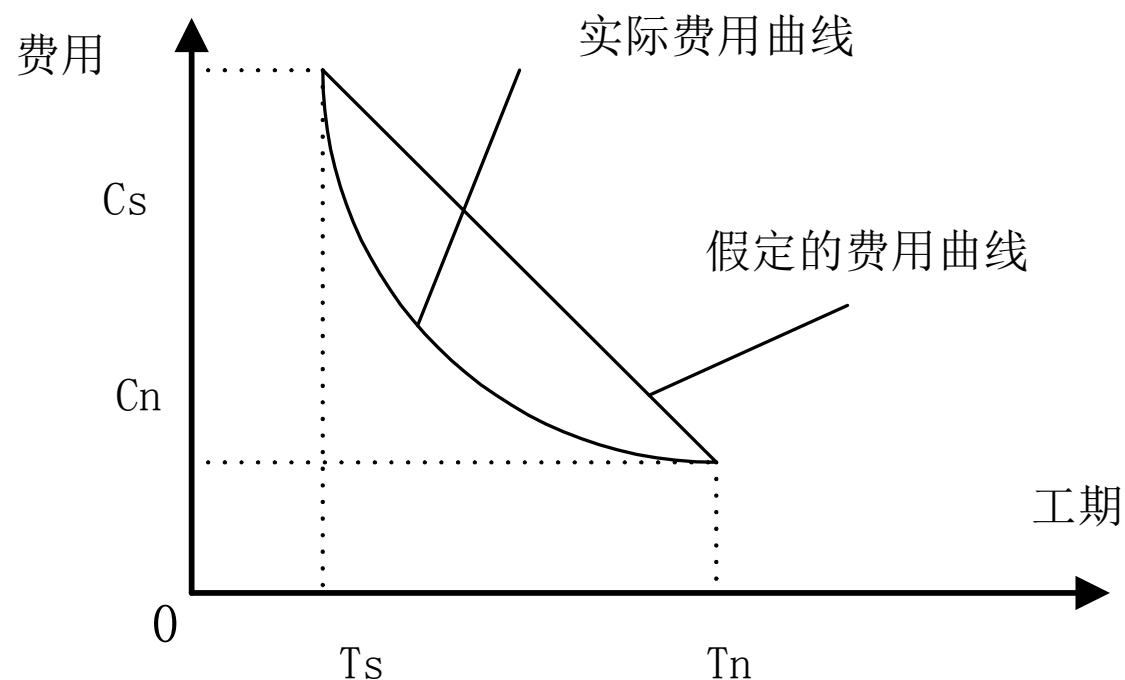


图5-15 项目活动的工期费用曲线图

• 2. 工期费用优化的步骤:

步骤一

- (1) 计算出网络计划中的各个时间参数, 并且确定关键活动和关键路线。

步骤二

- (2) 估算出活动的正常工期、正常费用以及极限工期和极限费用。

步骤三

- (3) 若只有一条关键线路, 选取费用率最小的活动进行压缩; 若有两条或两条以上的关键线路, 则找出费用率总和最小的活动组合作为压缩对象。

步骤四

- (4) 分析压缩工期的约束条件, 分析压缩对象的可能压缩时间, 压缩后计算出压缩费用的总的增加值。

步骤五

- (5) 分析压缩后的工期是否符合项目工期的要求, 如果不符合再按照上述步骤进行优化。

三、工期固定——资源均衡的优化



工期固定——资源均衡的优化

是调整计划安排，在工期保持不变的条件下，使资源需用量尽可能均衡的过程。

（一）衡量资源均衡的指标

- （1）不均衡系数K
$$K = \frac{R_{\max}}{R_m}$$

- 式中 R_{\max} ——最大的资源需用量

- R_m ——资源需用量的平均值

$$R_m = \frac{1}{T}(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_T) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t$$

- 资源需用量不均衡系数愈小，资源需用量均衡性愈好。



- (2) 极差值 ΔR

$$\Delta R = \max [R_t - R_m]$$

- 资源需用量极差值愈小，资源需用量均衡性愈好。

- (3) 方差值 σ^2

$$\sigma^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_t - R_m)^2$$

（二）优化调整方法

调整宜自网络计划终点节点开始，从右向左逐次进行。

在所有工作都按上述顺序自右向左进行了一次调整之后，再按上述顺序自右向左进行再次调整，直至所有工作既不能向右移也不能向左移为止。

工作可移性的判断方法：

(1) 工作若向右移动一天，则在右移后该工作完成那一天的资源需用量宜等于或小于移前工作开始那一天的资源需用量，否则在削了高峰值的高峰后，又填出了新的高峰。若用 $k-1$ 表示被移工作， i ， j 分别表示工作未移前开始和完成那一天，则： $R_{j+1} + r_{k-1} \leq R_i$

(2) 工作若向左移动一天，则在左移后该工作开始那一天的资源需用量宜等于或小于左移工作完成那一天的资源需用量，否则亦会产生削峰后又填谷成峰的效果。即应符合下式求： $R_{i-1} + r_{k-1} \leq R_j$

(3) 若工作右移或左移一天不能满足上述要求，则要看右移或左移数天后能否减小，即：向右移时：

$$(R_{j+1} + r_{k-1})^2 + (R_{j+2} + r_{k-1})^2 + (R_{j+3} + r_{k-1})^2 + \dots \ll R_i^2 + R_{i-1}^2 + R_{i-2}^2 + \dots$$

向左移时：

$$(R_{i-1} + r_{k-1})^2 + (R_{i-2} + r_{k-1})^2 + (R_{i-3} + r_{k-1})^2 + \dots \ll R_j^2 + R_{j-1}^2 + R_{j-2}^2 + \dots$$

第六节 进度计划控制

进度计划控制内容

其一：确定项目的进度是否发生变化，找出变化的原因，如有必要纠正，则采取一定的措施纠正；

其二：对影响项目进度的因素进行控制，对不利因素进行预防，以确保项目的顺利实施。

一、引起项目变更的主要原因

- 1、不符合实际的进度计划
- 2、人为因素的影响
- 3、设计变更因素的影响
- 4、资金、材料、设备的影响
- 5、不可预见的因素

二、项目进度的变更控制

- （一）加强项目团队的管理工作



(二) 通过图表来实施项目的进度控制

(1) 跟踪甘特图法

甘特图是最早的进度表示方法，甘特图的左边按照任务的先后序列出项目活动的名称，右边是实施进度表，项目的进度可以用不同的颜色标示在图上。



注：灰色部分为计划进度，斜线部分为实际进度

图5-16 跟踪甘特图

- (2) S形曲线比较法

从项目管理的经验来看，项目实施中，单位完成工作量和使用的资源状况通常都是呈现正态分布的，因此累加后便形成一条S形曲线，见图5-17所示。

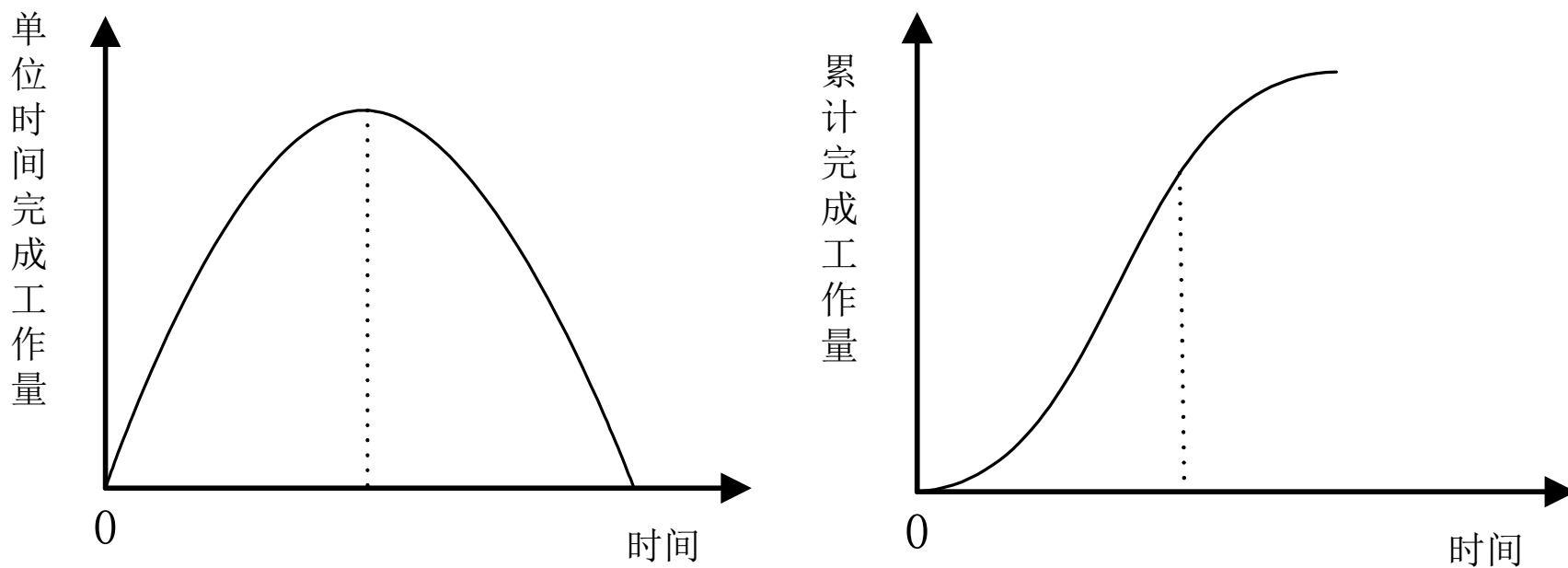


图5-17 时间与完成工作量之间的关系

- (3) 香蕉曲线比较法

在网络计划中，各项工作都有最早开始时间，最迟开始时间，在前面已经介绍过了，不再赘述。如果分别按照、来绘制，就可以得到两条S曲线，这两条曲线具有相同的开始时间和相同的结束时间，形状看似香蕉，故而得名。如图5-19所示。

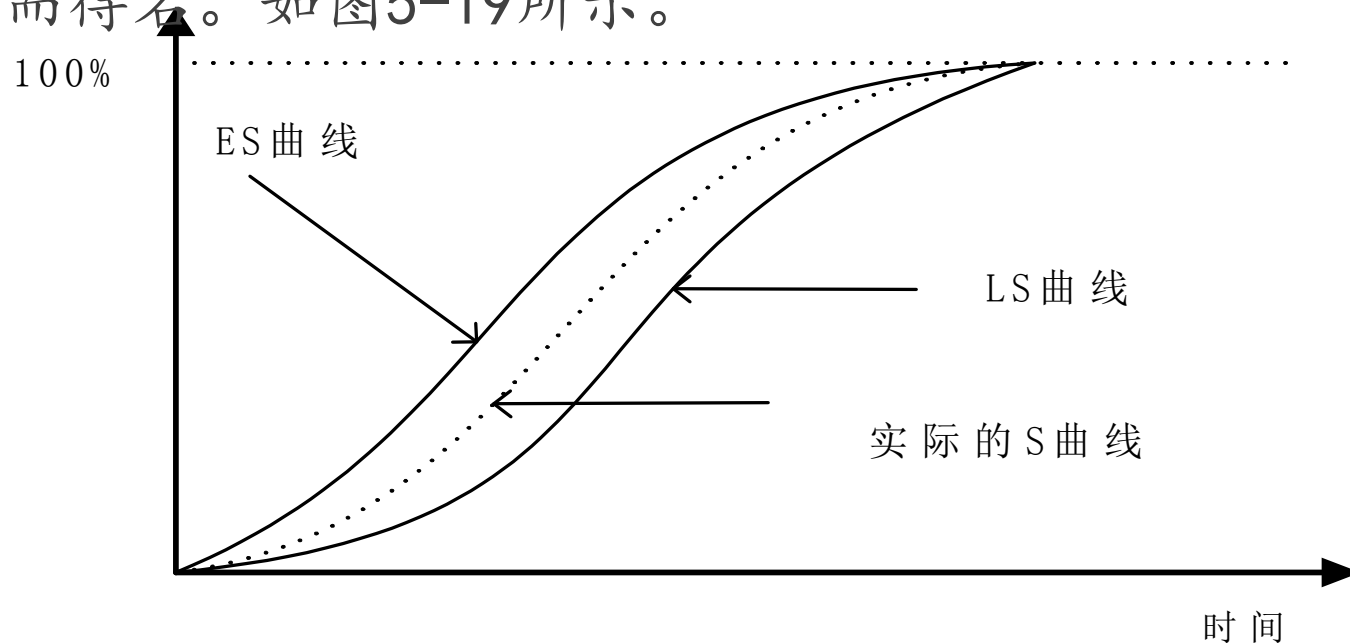


图5-19 香蕉曲线图

- (4) 前锋线控制法

前锋线法是一种有效的动态管理方法，对进度计划的跟踪与检查非常方便。前锋线法的基本原理是控制论中的反馈调节原理。在计划执行过程中，在带时间坐标的网络图上标画实际进度前锋线，形象地描述了实际进度和计划的差异。

