

项目进度管理（PERT/CPM）

1.AON/AOA型网络图

2.时间计算

3.时间成本平衡

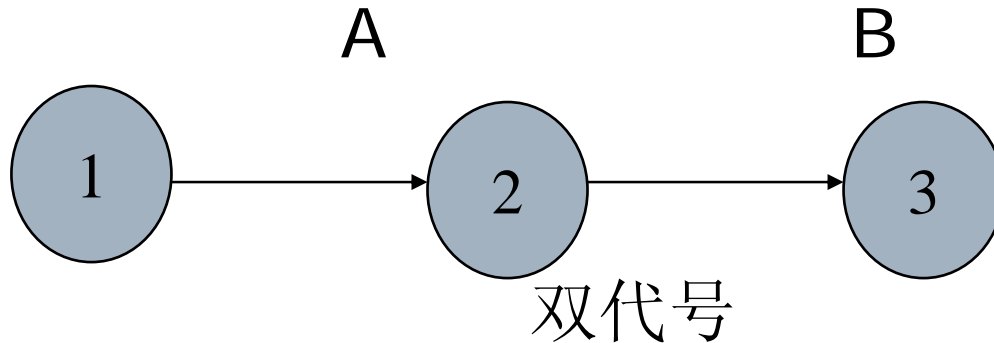
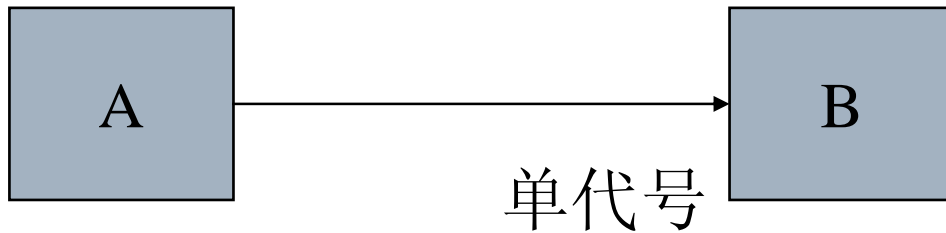
绘制网络图

□ 网络图的绘制主要是依据项目工作关系表，通过网络图的形式将项目工作关系表达出来，主要有两种方式：

- 单代号网络计划图
 - 双代号网络计划图
-

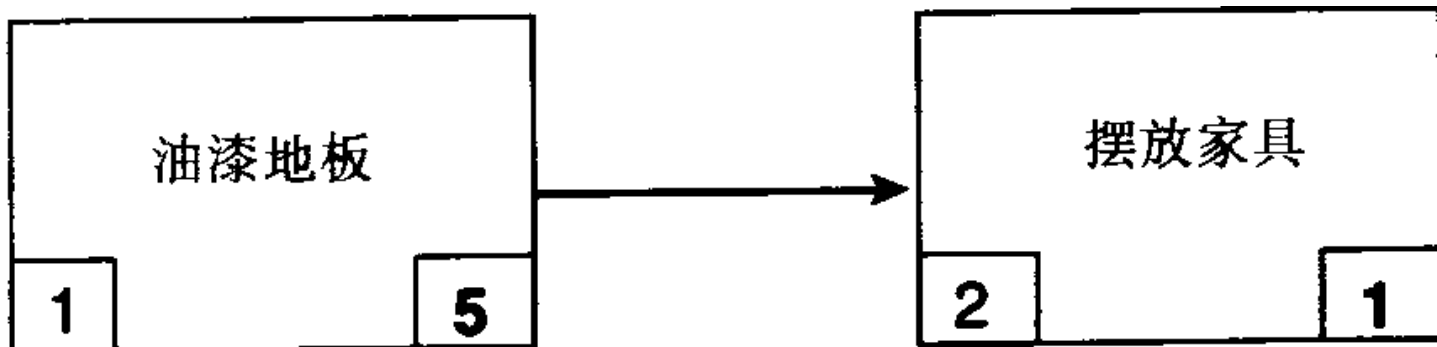
几种工作关系的表达(1)

- A工作是B工作的紧前工作，或B是A的紧后工作

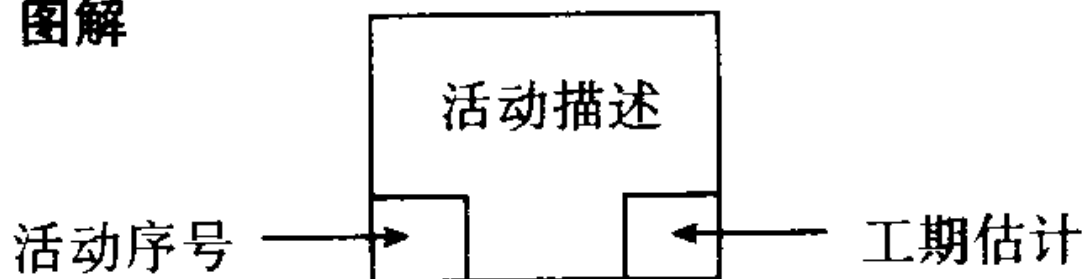


示 例

□ 单代号网络计划

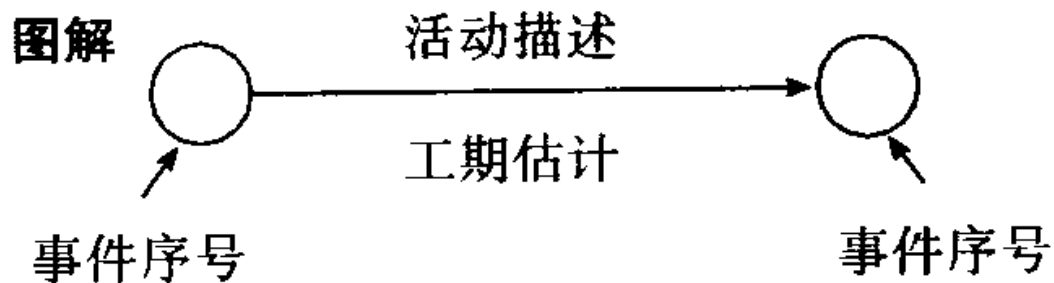
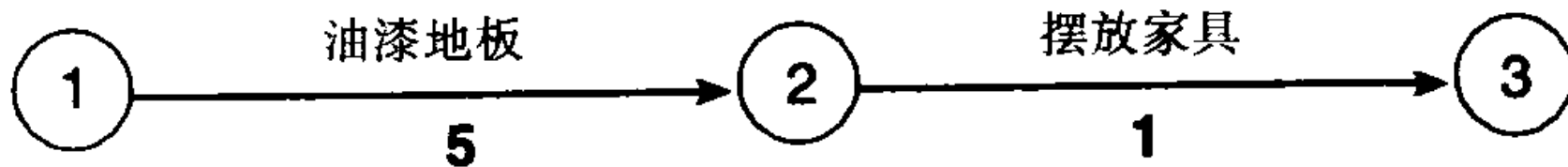


图解



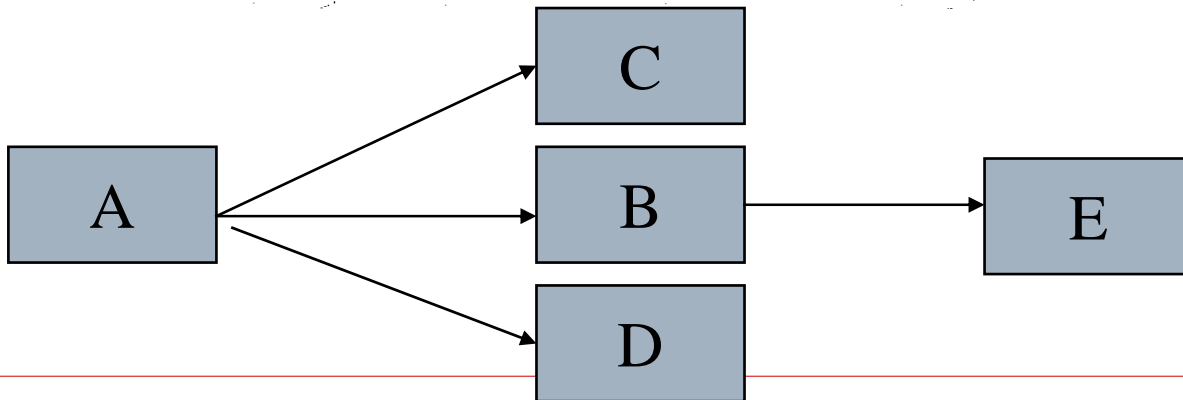
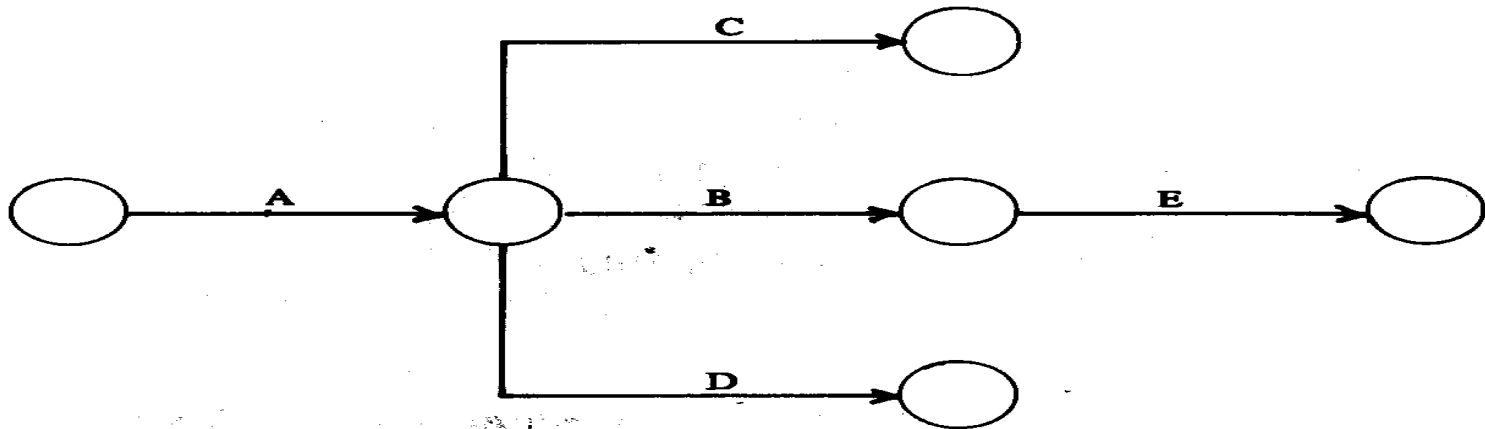
示 例

□ 双代号网络计划



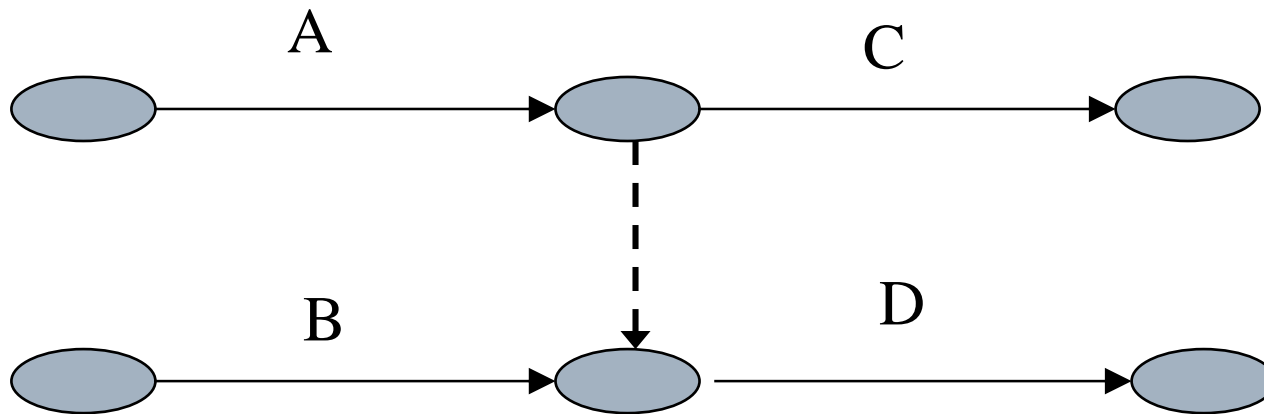
几种工作关系的表达(2)

□ 多个紧前紧后工作情况



几种工作关系的表达(3) ——虚工作的引入

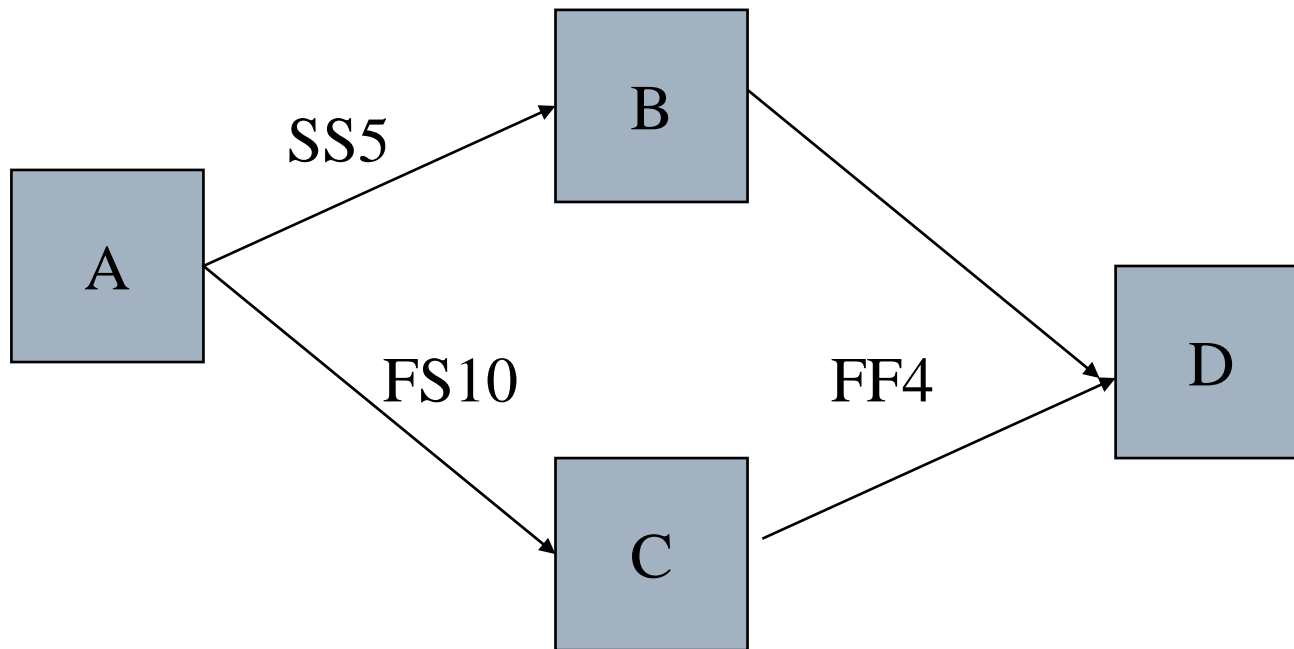
假设A工作完成之后C工作可以开始，A、B两工作完成之后D工作才可以开始，如何表达？



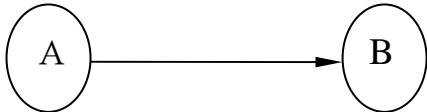
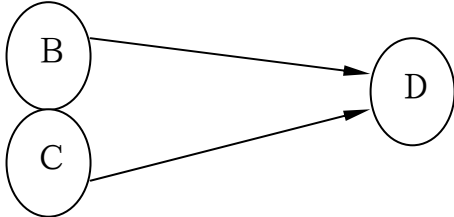
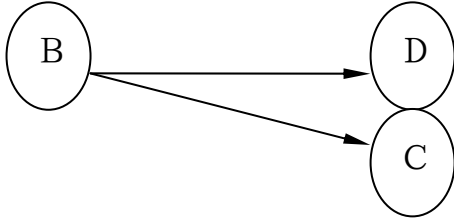
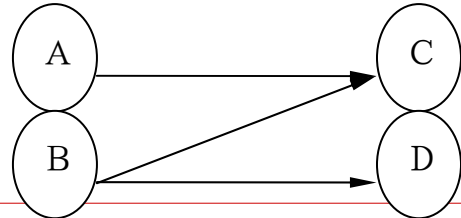
几种工作关系的表达(3)

——搭接关系的表达

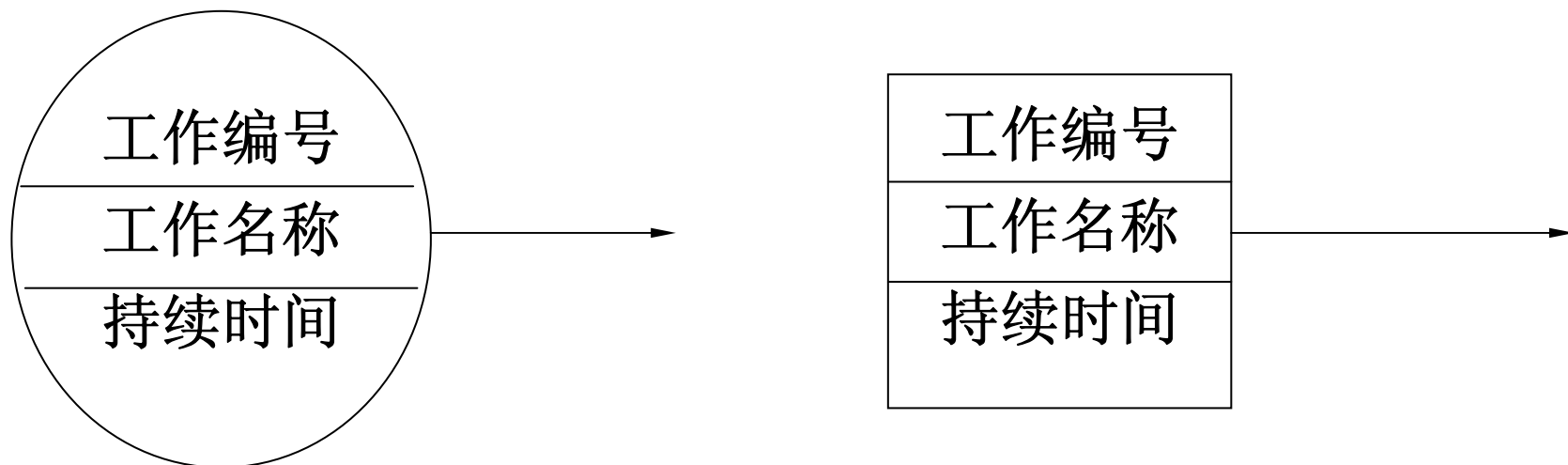
□ 搭接关系一般用单代号网络表示



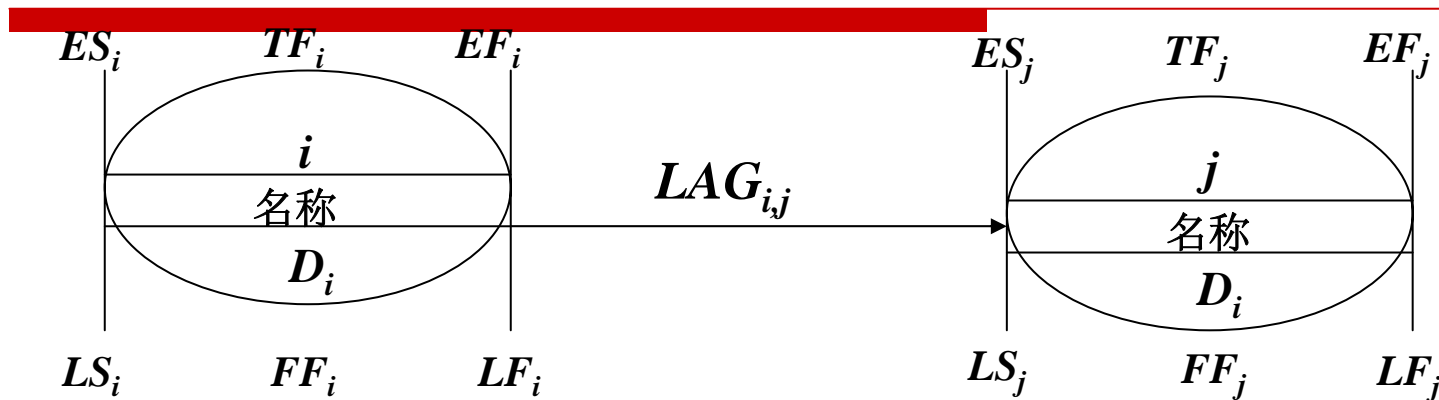
单代号网络图逻辑关系表达方法

工作关系描述	图 示
A 工作是 B 工作的紧前工作	
D 工作是 B 工作、C 工作的紧后工作	
B 工作是 D 工作、C 工作的紧前工作	
A 工作是 C 工作的紧前工作，C、D 工作是 B 的紧后工作	

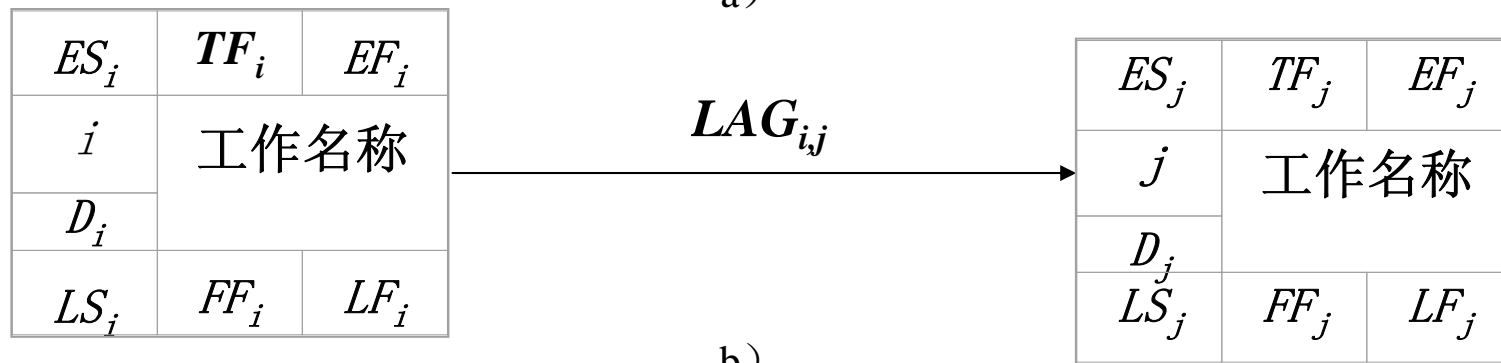
单代号网络图中节点的表达方法



单代号网络计划时间参数的标注形式



a)



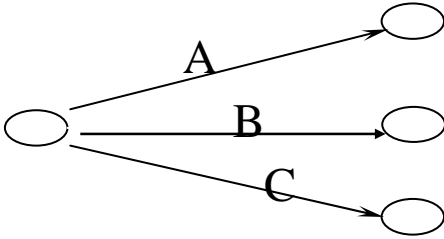
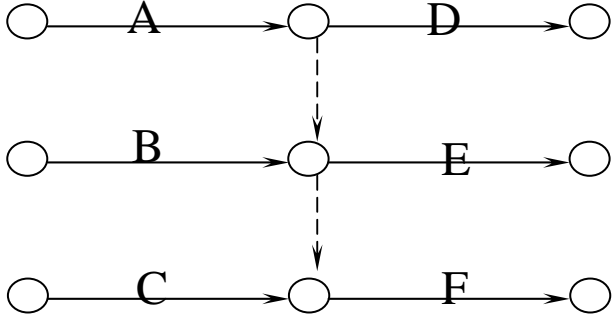
b)

单代号网络计划时间参数的标注形式

a) 单代号网络计划时间参数的圆圈标注形式

b) 单代号网络计划时间参数的矩阵形式标注

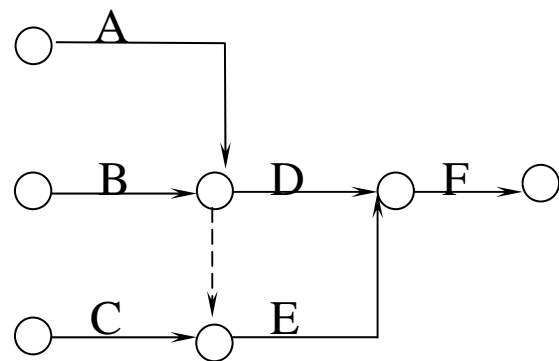
双代号网络图逻辑关系表达方法

序号	工作之间的逻辑关系	表示方法
1	A、B、C 平行进行	 <pre>graph LR; Start(()) -- A --> EndA(()); Start -- B --> EndB(()); Start -- C --> EndC(())</pre>
2	A 完成后，D 才能开始；A、B 均完成后，E 才能开始；A、B、C 均完成后，F 才能开始	 <pre>graph LR; A1(()) -- A --> J1(()); B1(()) -- B --> J2(()); C1(()) -- C --> J3(()); J1 -- D --> EndD(()); J1 -.-> J2; J2 -- E --> EndE(()); J2 -.-> J3; J3 -- F --> EndF(())</pre>

双代号网络图逻辑关系表达方法

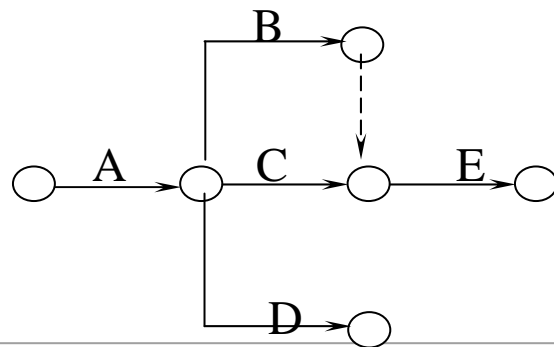
3

A、B均完成后，D才能开始；A、B、C均完成后，E才能开始；D、E完成后，F才能开始

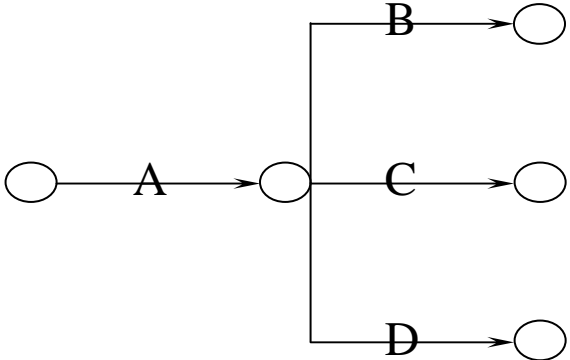
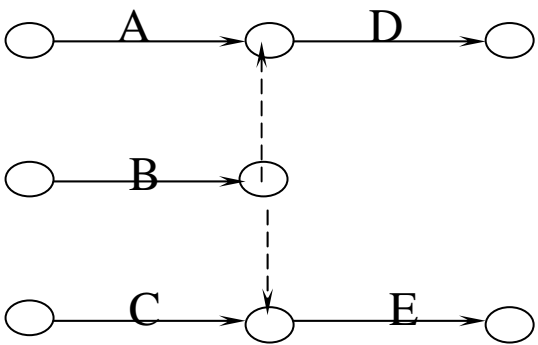


4

A结束后，B、C、D才能开始；B、C完成后，E才能开始



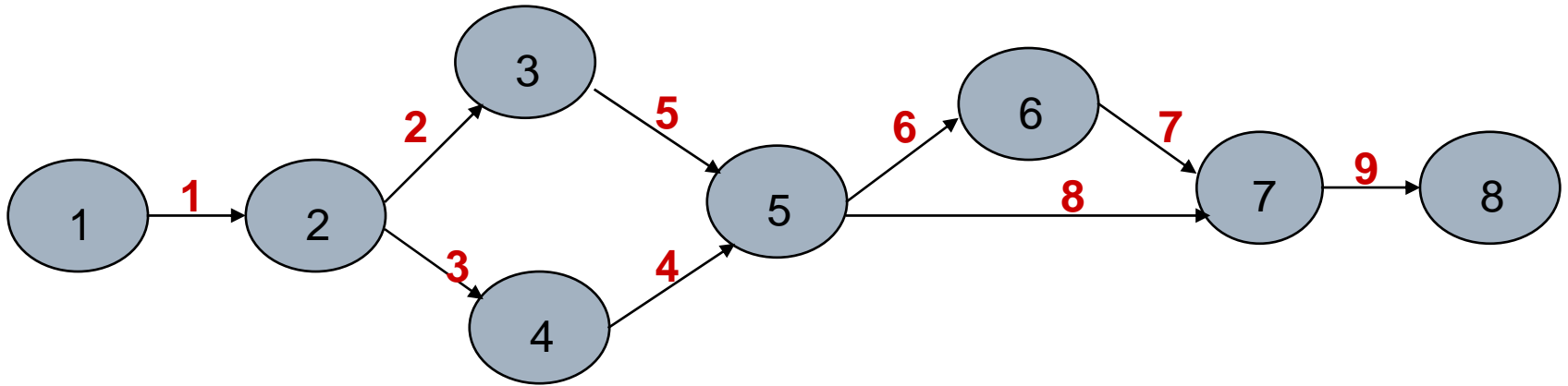
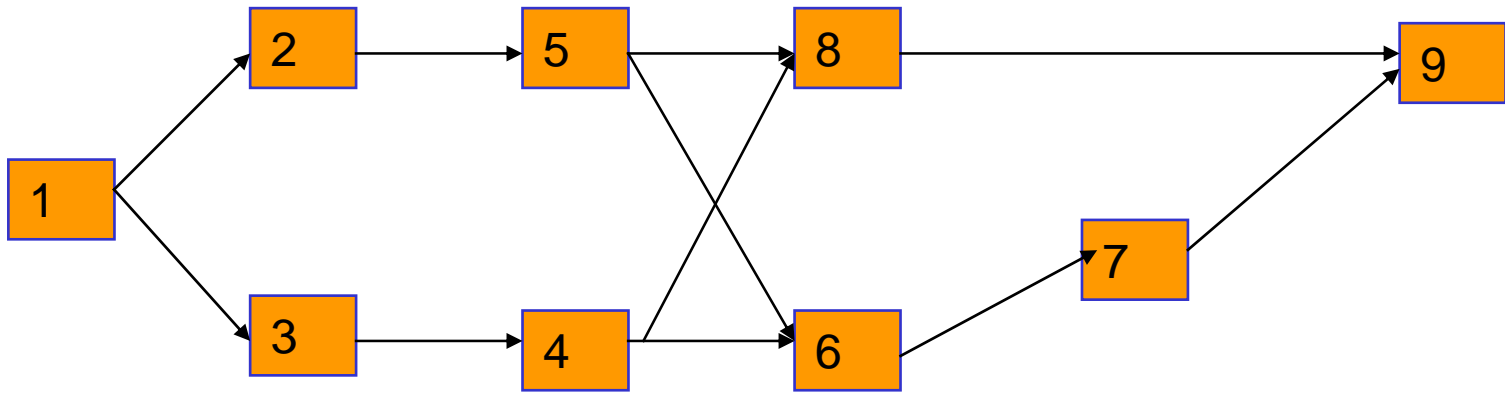
双代号网络图逻辑关系表达方法

5	A 完成后，B、C、D 才能开始，但 B、C、D 不一定同时开始	 <pre>graph LR; A(()) -- A --> J(()); J -- B --> B2(()); J -- C --> C2(()); J -- D --> D2(())</pre>
6	A、B 完成后，D 才能开始；B、C 完成后，E 才能开始	 <pre>graph LR; A(()) -- A --> J1(()); B(()) -- B --> J2(()); J2 -.-> J1; J1 -- D --> D2(()); C(()) -- C --> J3(()); J3 -- E --> E2(())</pre>

网络图绘制案例讨论

—某软件系统开发网络图绘制

序号	工作名称	紧前工作
1	问题界定	—
2	研究现有系统	1
3	确定用户需求	1
4	逻辑系统设计	3
5	实体系统设计	2
6	系统开发	4,5
7	系统测试	6
8	转换数据库	4,5
9	系统转换	7,8



网络图绘制案例讨论(续)

- 假设上述工作关系中，存在如下搭接关系：
 - “3.确定用户需求”工作开始4天之后，“4.逻辑系统设计”工作才可以开始。
 - “7.系统测试”工作完成6天之后“9.系统转换”工作才可以完成。

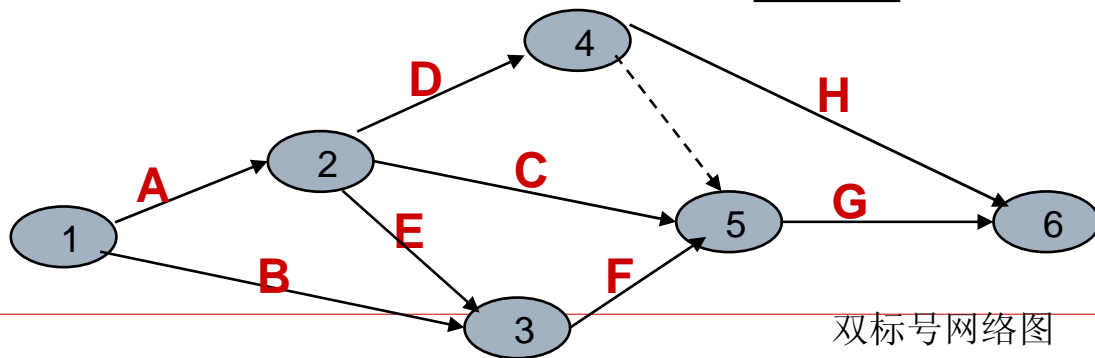
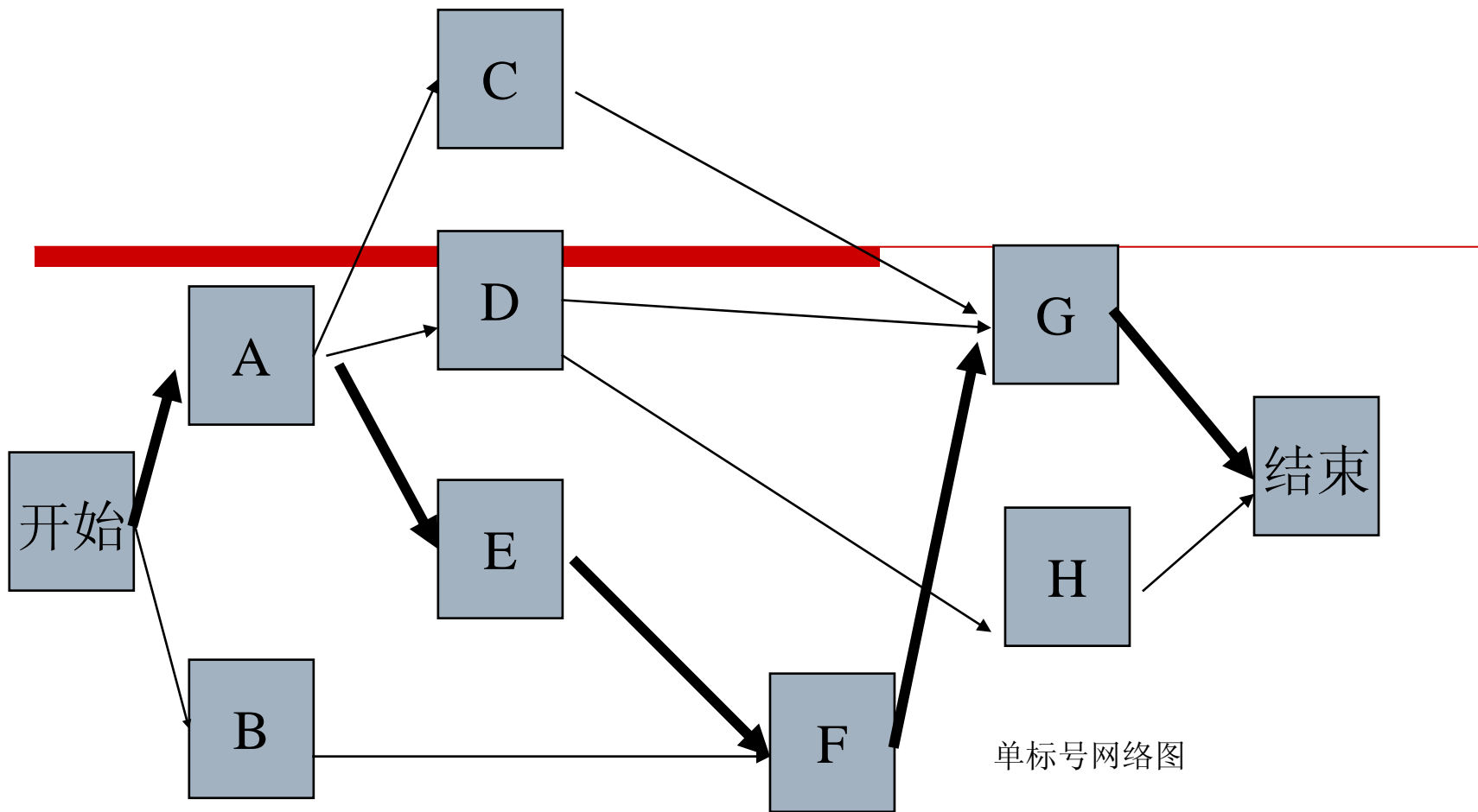
在网络图中如何表示上述信息呢？

网络图绘制的基本原则

- 正确表达项目各工作间的逻辑关系
- **不允许出现循环回路**
- **线节点之间严禁出现带双向箭头或无箭头的连**
- 严禁出现无箭头节点或无箭尾节点的箭线
- 网络图中，只能有**一个**起始节点和终止节点
- 网络图中不允许出现中断的线路
- 箭线应避免交叉，不能避免时，采用过桥法
- 箭线采用直线或折线，避免采用圆弧线
- 非时间坐标网络图，箭线的长短与所表示工作的持续时间无关
- 箭线方向应从左向右趋势，顺着项目进展方向
- **双代号网络图中节点必须编号，不能重复，箭尾节点标号小于箭头节点标号，标号可采用连续或非连续编号的方式**
- 网络图要条理清楚、布局合理、结构整齐
- 大型复杂项目网络图可分成几部分画在几张图纸上，分断处选择箭头与节点较少的位置，且要重复标出被切断处的节点标号

案例讨论—绘制网络图

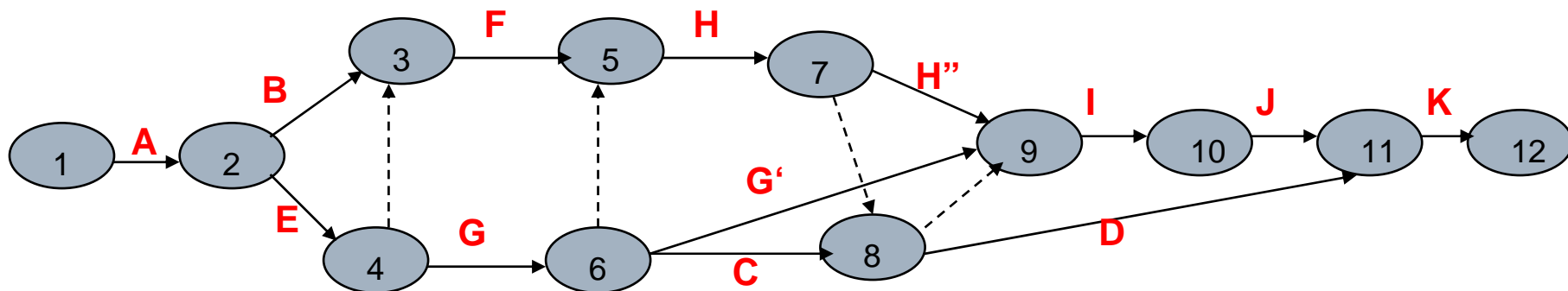
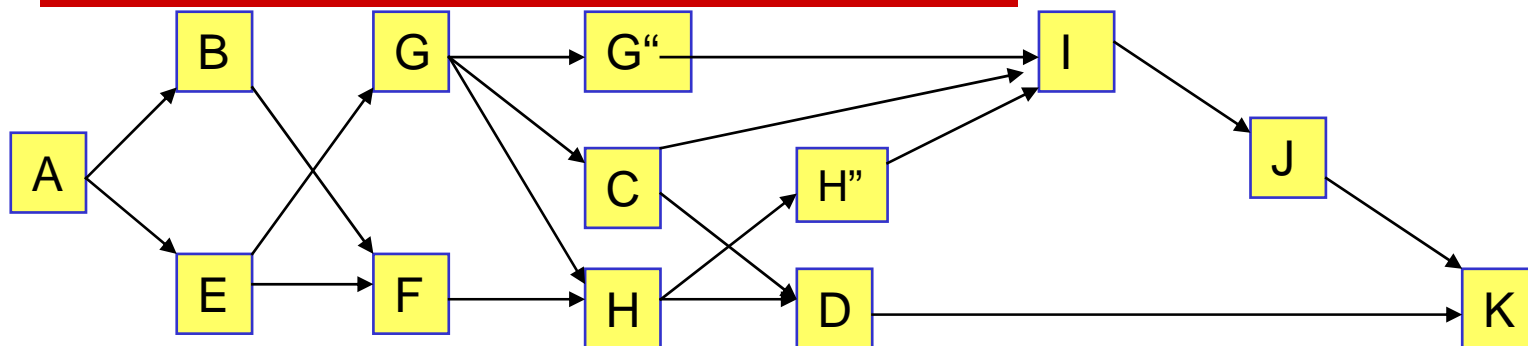
序号	工作代号	工作名称	紧前工作	延续时间
1	A	拆开	—	2
2	B	准备清洗材料	—	1
3	C	电器检查	A	2
4	D	仪表检查	A	2
5	E	机械检查	A	2
6	F	机械清洗组装	B,E	4
7	G	总装	D,C,F	2
8	H	仪表校准	D	1



公路桥项目工序一览表

紧前工序	工序编号	工序名称	工序所需要时间
—	A	#1桥墩和路面开挖	5
A	B	#2桥墩和路面开挖	5
G	C	#1桥墩回填	5
C, H	D	#2桥墩回填	5
A	E	#1桥墩打桩	4
B, E	F	#2桥墩打桩	5
E	G	#1墩身砼	21
F, G	H	#2墩身砼	21
G	G'	#1墩顶二期砼与支承板	28
H	H'	#2墩顶二期砼与支承板	28
C, G', H'	I	安装钢梁	3
I	J	桥面砼	26
D, J	K	栏杆、油漆、等装饰	18

网络图



确定工作时间的的主要方法

③单一时间估计法:

估计一个最可能工作实现时间，对应于CPM网络

④三个时间估计法:

估计工作执行的三个时间，乐观时间o、悲观时间P、最大可能估计时间m，对应于PERT网络

期望时间 $\mu = (o + 4m + P) / 6$

PERT的三种计算方法

期望时间 $\mu = (o + 4m + p) / 6$

$$\sigma^2 = \left(\frac{p - o}{6}\right)^2$$

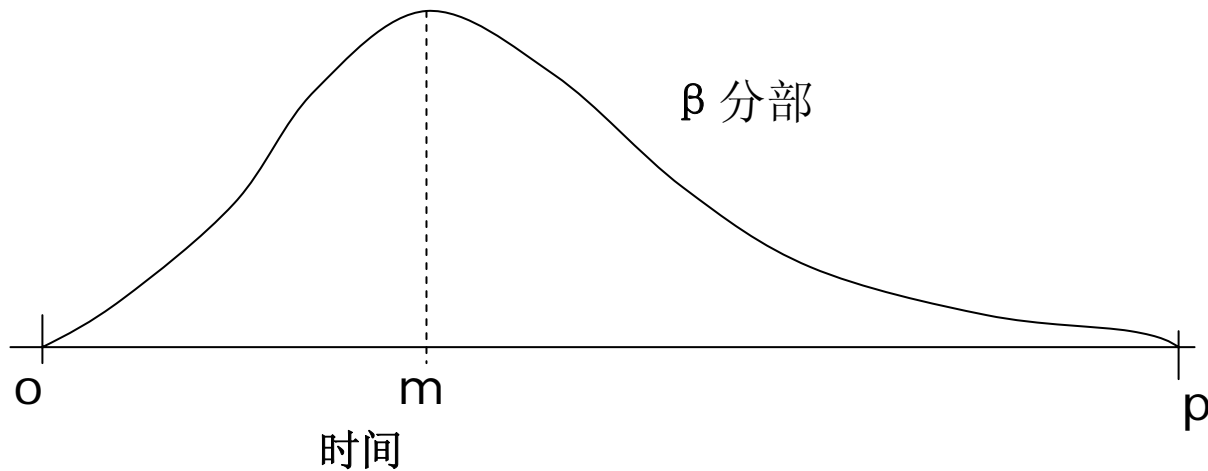


表8.4 科信建筑公司项目中每一个活动的均值和方差

活动	乐观估计时间o	最大可能时间m	悲观估计时间p	均值 $\mu = (o + 4m + P)/6$	方差 $\sigma^2 = (\frac{p-o}{6})^2$
A	1	2	3	2	1/9
B	2	3.5	8	4	1
C	6	9	18	10	4
D	4	5.5	10	6	1
E	1	4.5	5	4	4/9
F	4	4	10	5	1
G	5	6.5	11	7	1
H	5	8	17	9	4
I	3	7.5	9	7	1
J	3	9	9	8	1
K	4	4	4	4	0
L	1	5.5	7	5	1
M	1	2	3	2	1/9
N	5	5.5	9	6	4/9

CPM与PERT

□ 共同点：

作业间关系属肯定型的网络计划技术

□ 主要不同点：

CPM在作业时间（工期）上只有一个估计值，而PERT在作业时间（工期）上有三个估计值（最乐观、最可能、最悲观）。

□ CPM主要适用于先前具有一定经验的项目，PERT主要适用于具有不确定因素的研发类项目

示 例

- 某一工作在正常情况下的工作时间是15天，在最有利的工作情况下工作时间是9天，在最不利的工作情况下其工作时间是18天，那么该工作的最可能完成时间是多少呢？

正常工作时间：

$$t = (9 + 4 \times 15 + 18) / 6 = 14.5 \text{天}$$

网络计划时间参数计算

- 最早开始时间ES
 - 最早结束时间EF
 - 最迟开始时间LS
 - 最迟结束时间LF
 - 总时差TF
 - 自由时差FF
-

最早时间参数计算

□ 最早开始时间ES

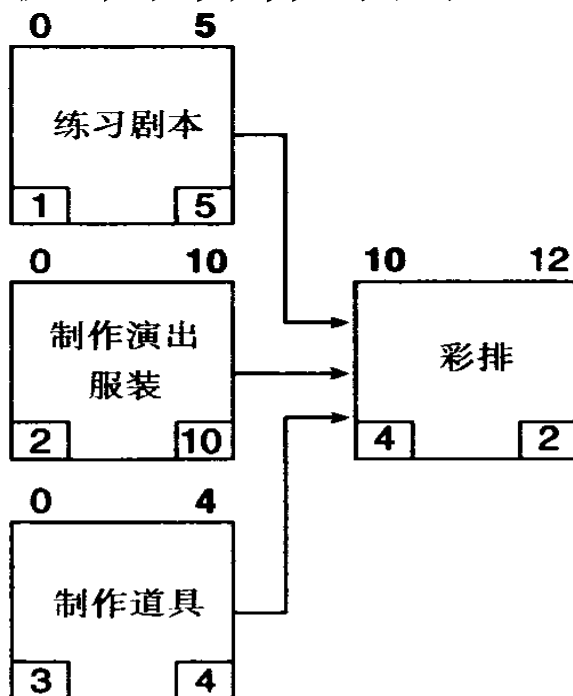
$$ES = \text{MAX}\{\text{紧前工作的EF}\}$$

□ 最早结束时间EF

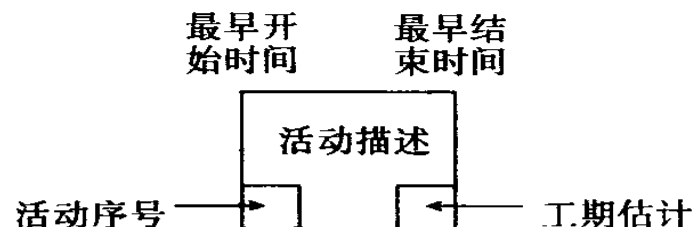
$$EF = ES + \text{工作延续时间}t$$

最早时间参数计算示例

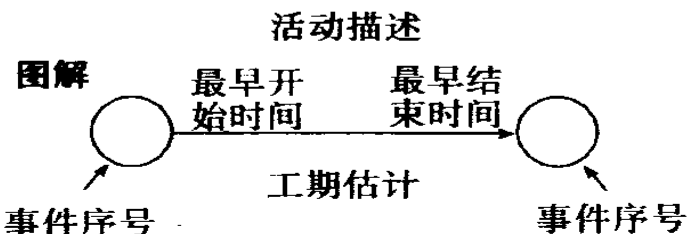
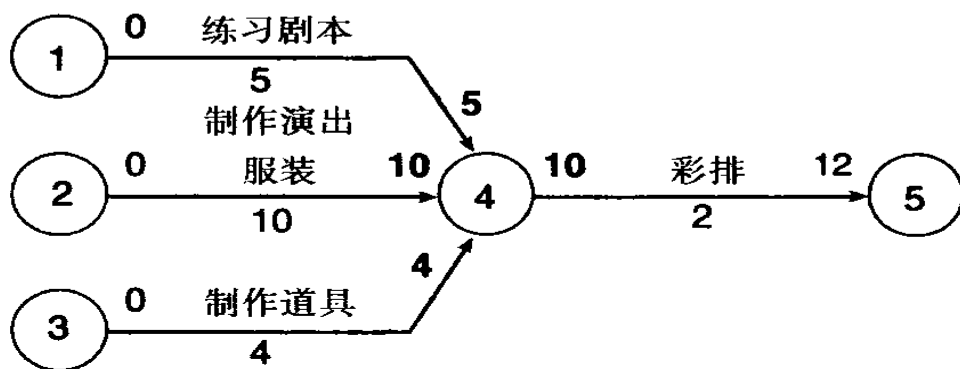
□ 最早开始时间ES、最早结束时间EF



图解

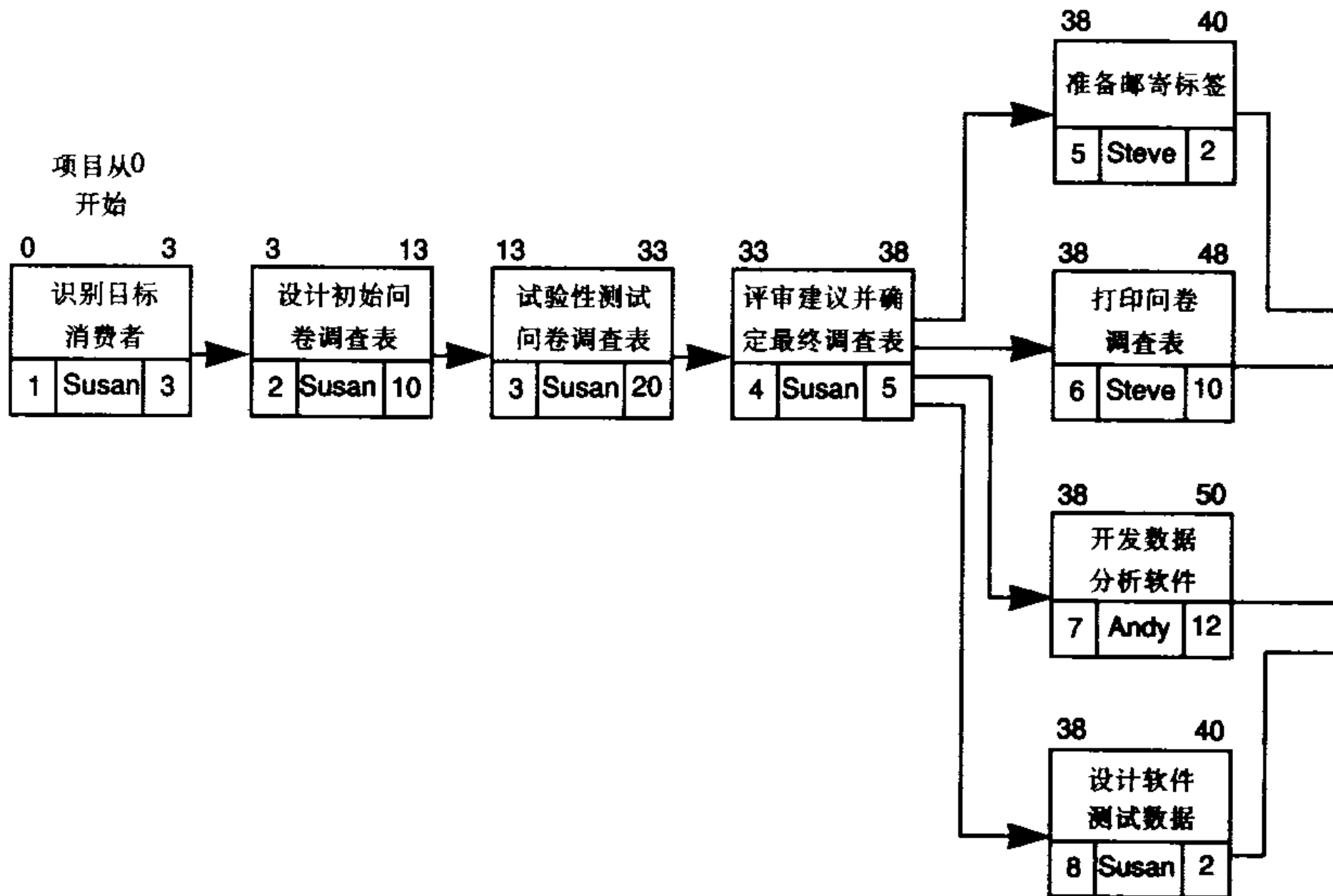


a) 以节点表示活动形式

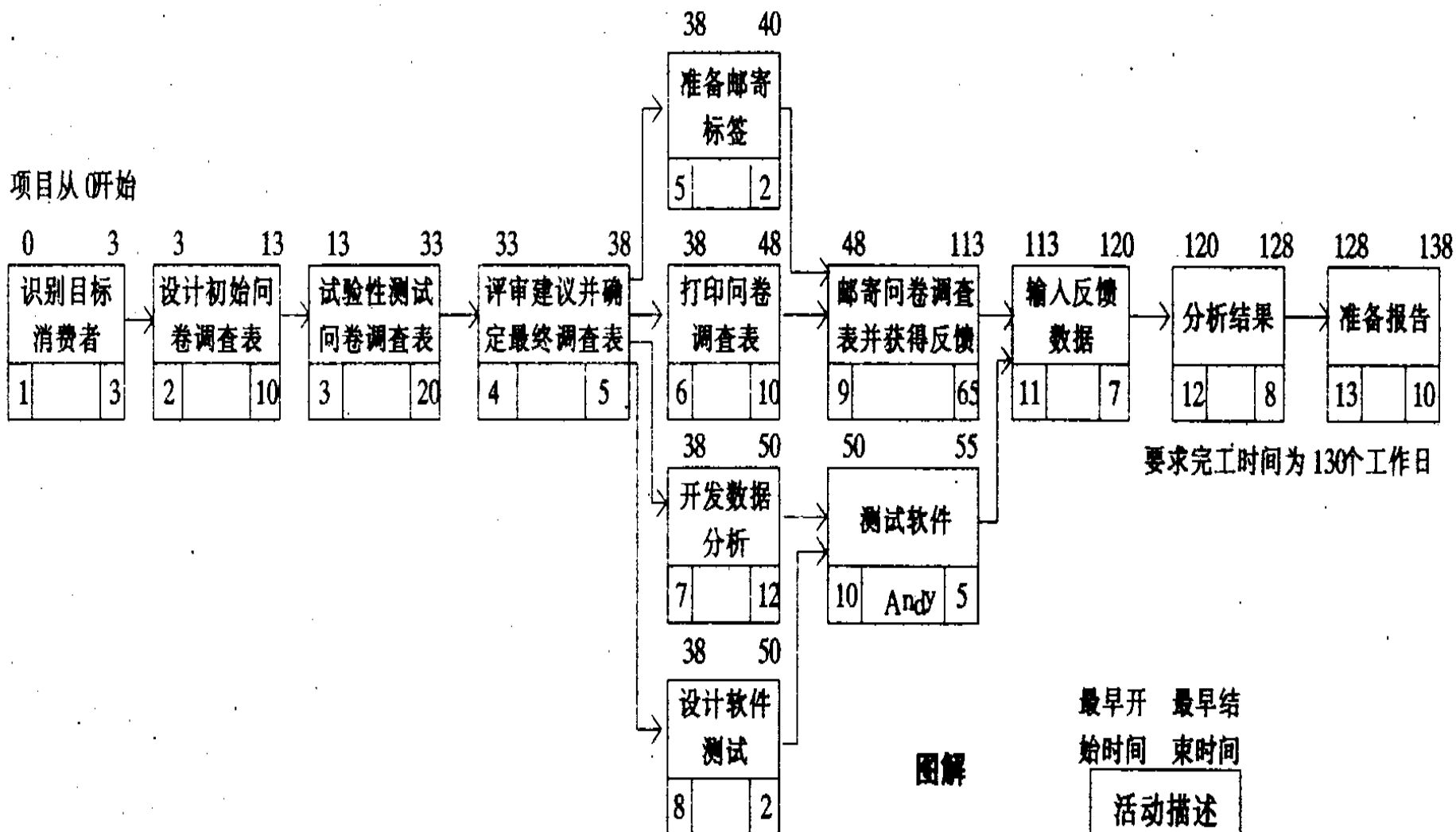


b) 以箭头表示活动形式

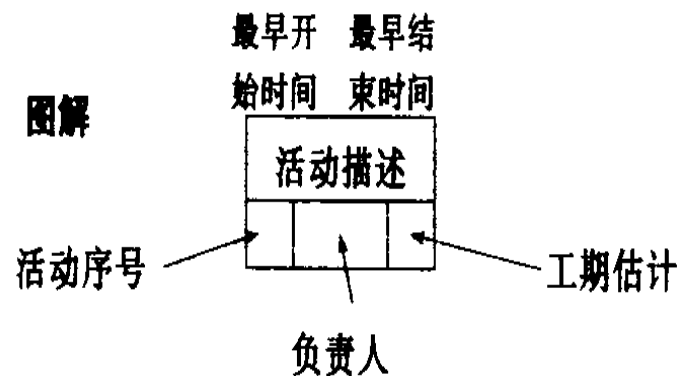
最早参数时间计算示例

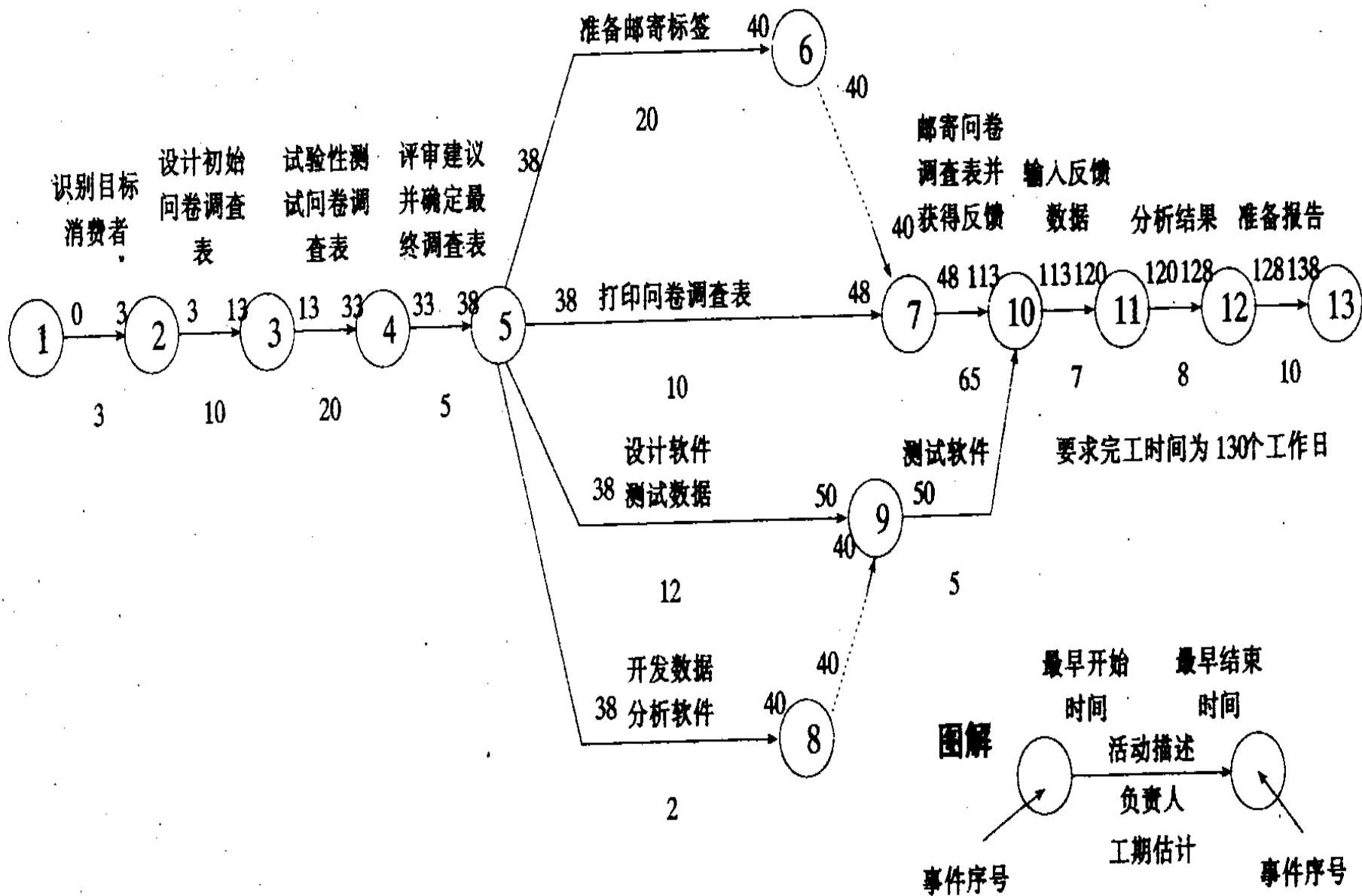


项目从 0 开始

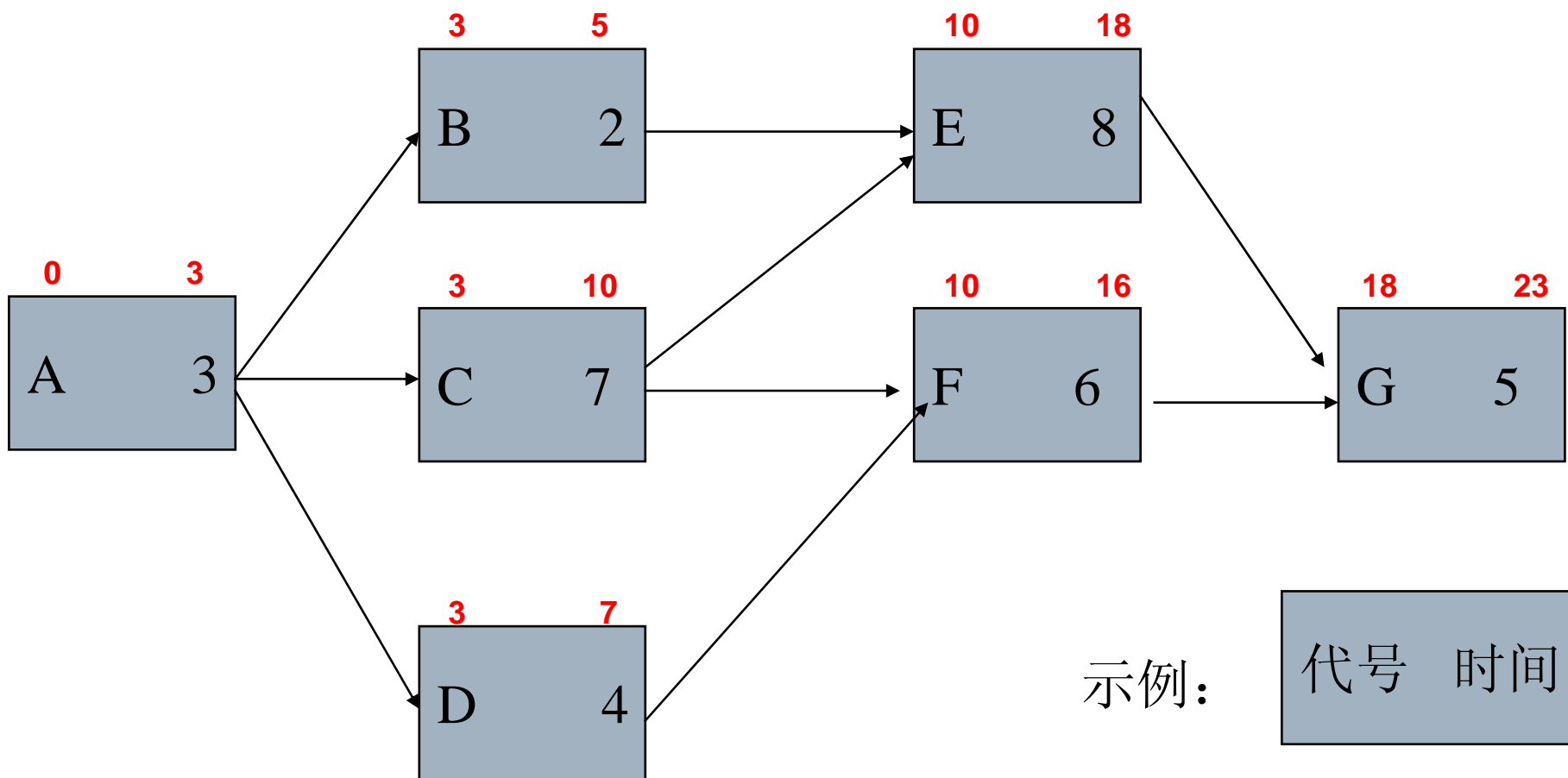


图解





时间计算



最迟时间参数计算

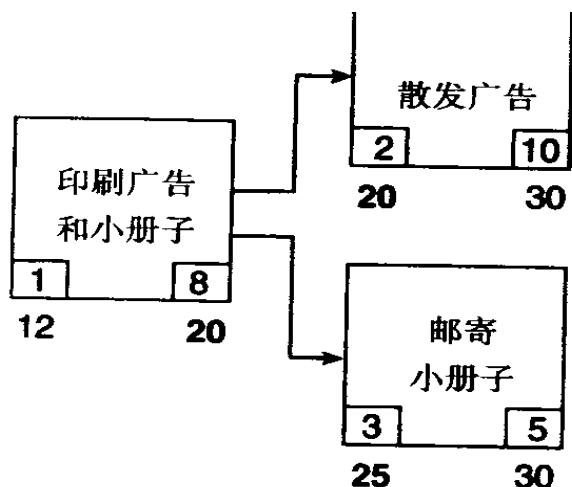
□ 最迟结束时间LF

$$LF = \text{MIN}\{\text{紧后工作的LS}\}$$

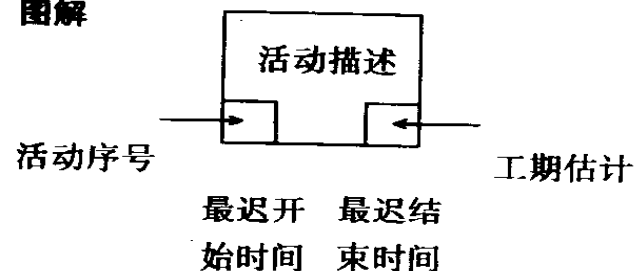
□ 最迟开始时间LS

$$LS = LF - \text{工作延续时间}t$$

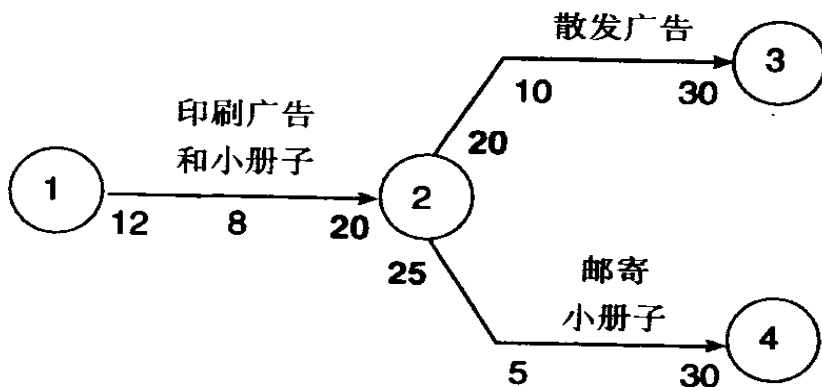
最迟时间参数计算



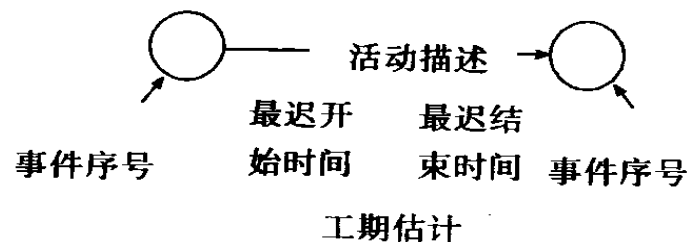
图解



a) 用节点表示活动形式

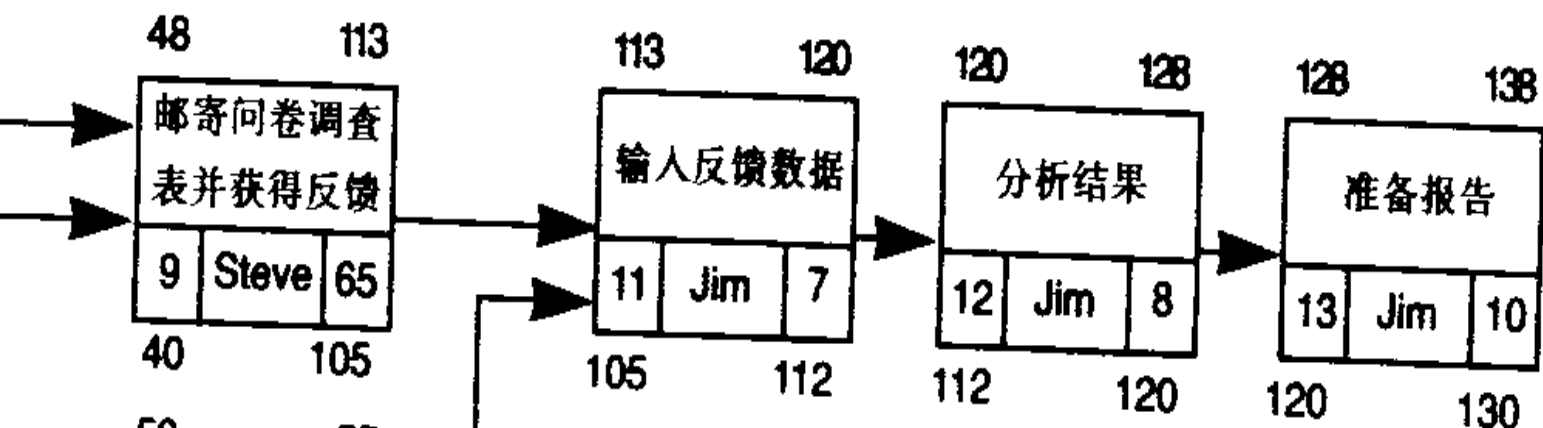


图解



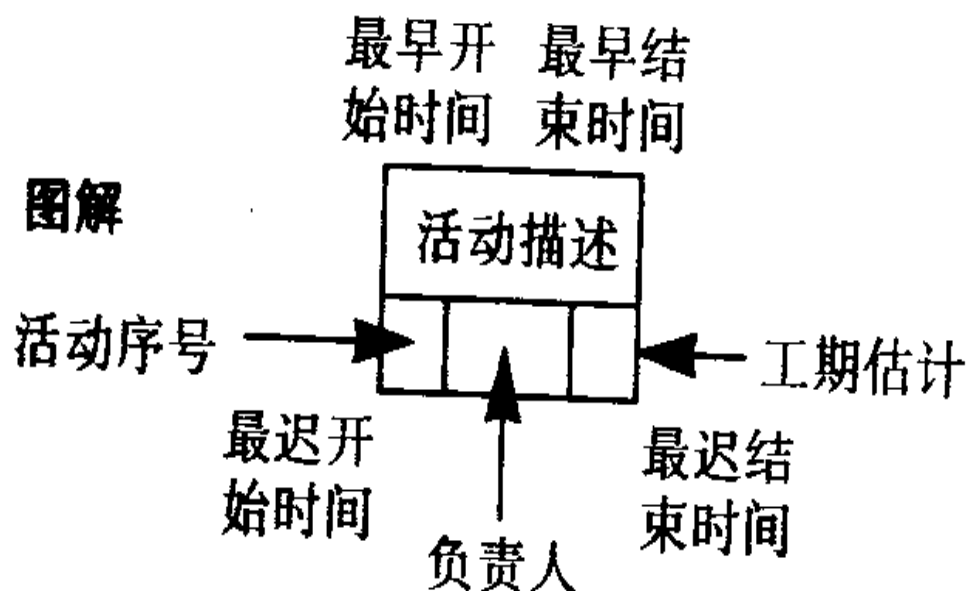
b) 用箭头表示活动形式

最迟参数时间计算示例

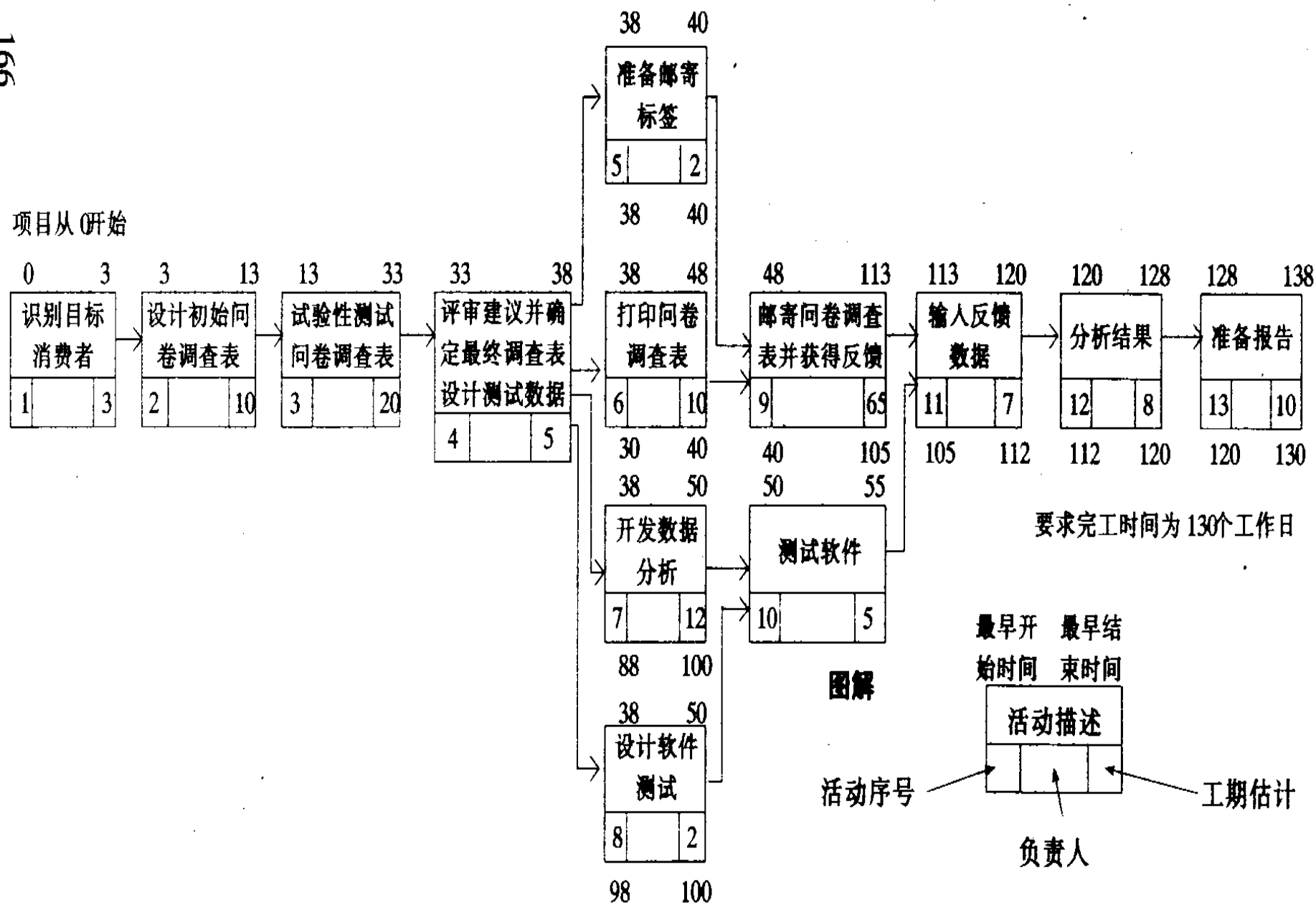


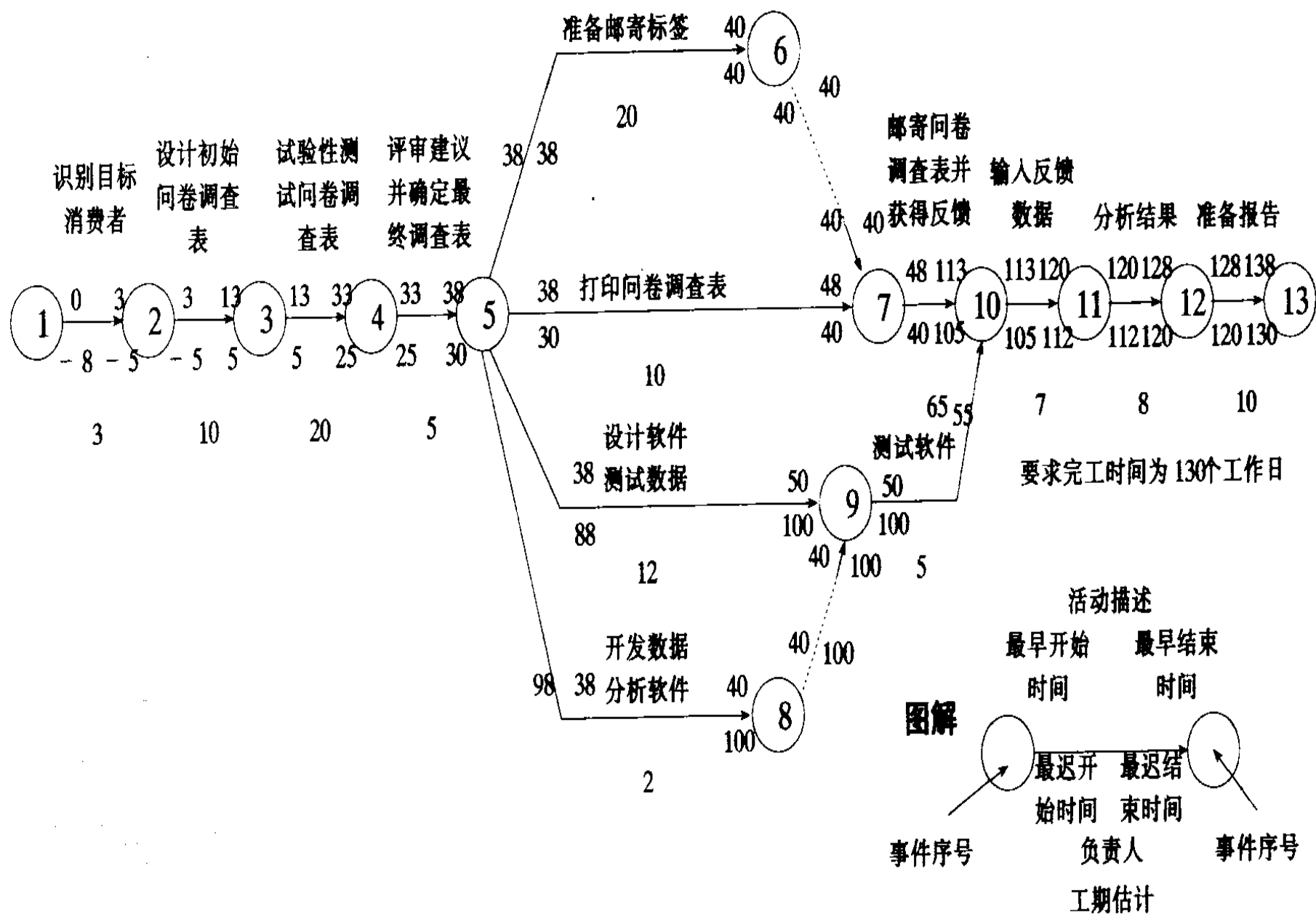
要求完工时间=130 个工作日

图解

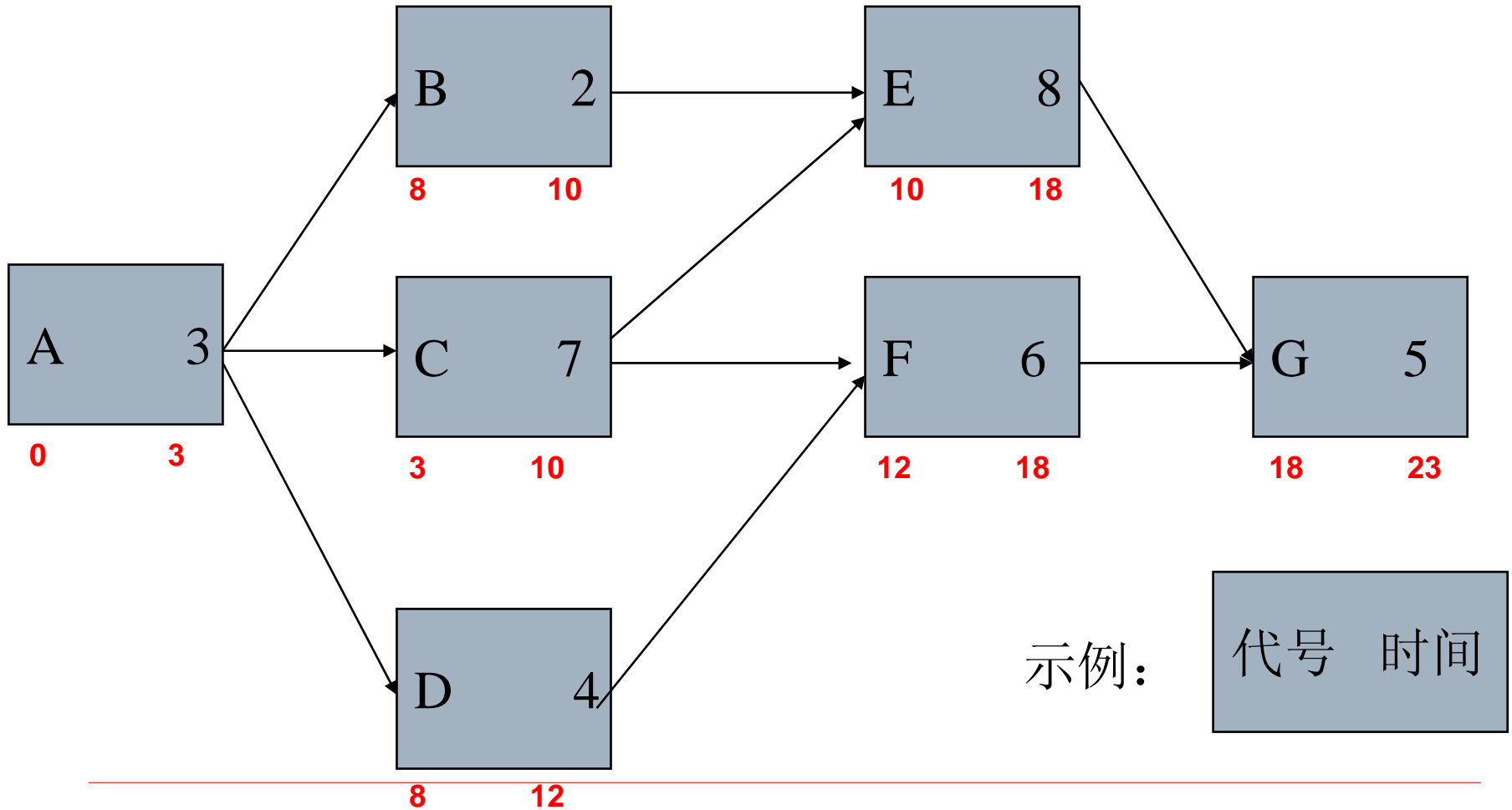


项目从0开始





最迟参数计算(练习)

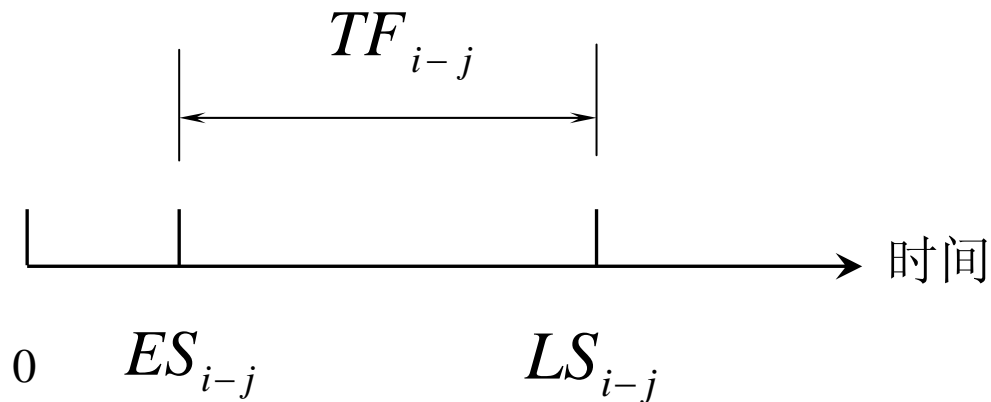


总时差与自由时差

- 总时差是作业的LF与EF之差，是不影响整个工期作业可机动的时间，一旦某作业占用了一些时差，相关作业总时差就减少
- 总时差为零的作业是关键作业，总时差小于零说明不能如期完工
- 自由时差是一道作业不影响后续作业最早开工，作业可机动使用的时间
$$\text{自由时差} = \text{后续作业ES} - \text{紧前作业ES} - D$$

总时差计算示意图

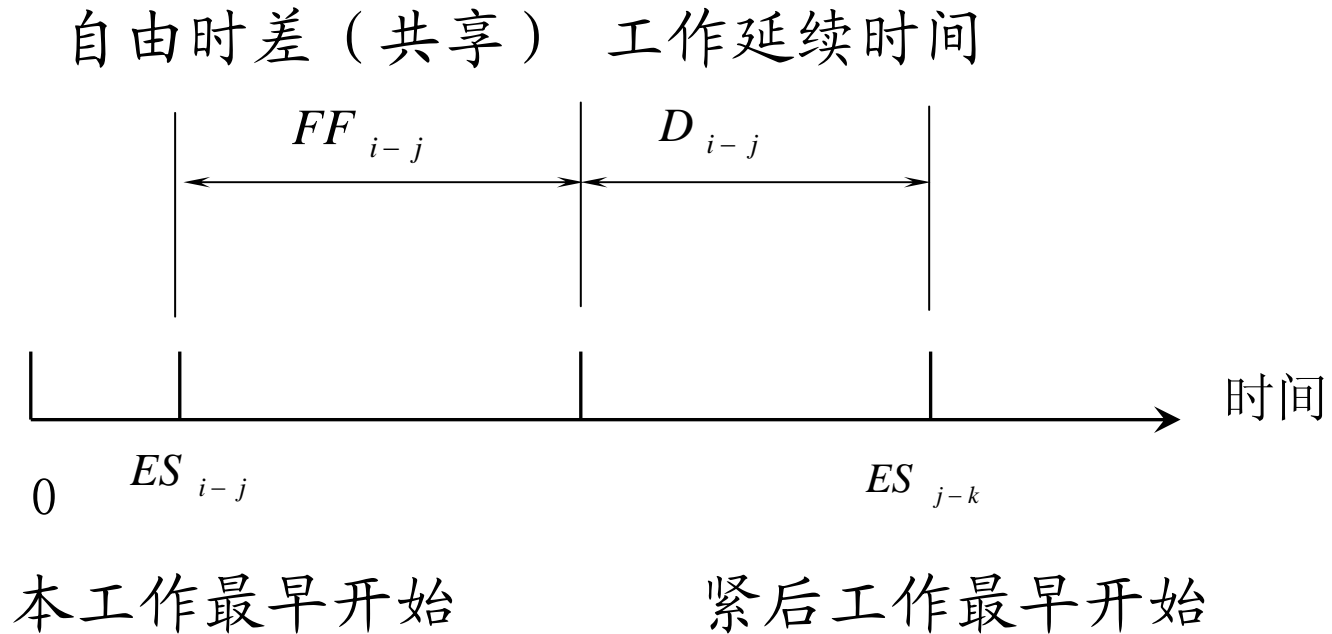
~~总时差（不影响总工期，本工作的机动时间）~~



本工作最早开始

本工作最晚开始

自由时差计算示意图



时差(机动时间)计算

□ 总时差的计算

$$\text{总时差} = \text{LF} - \text{EF}$$

或 $\text{总时差} = \text{LS} - \text{ES}$

□ 自由时差

$$\text{自由时差} = \min\{\text{ES}(\text{紧后工作})\}$$

$$- \max\{\text{LF}(\text{紧前工作})\}$$

享

独

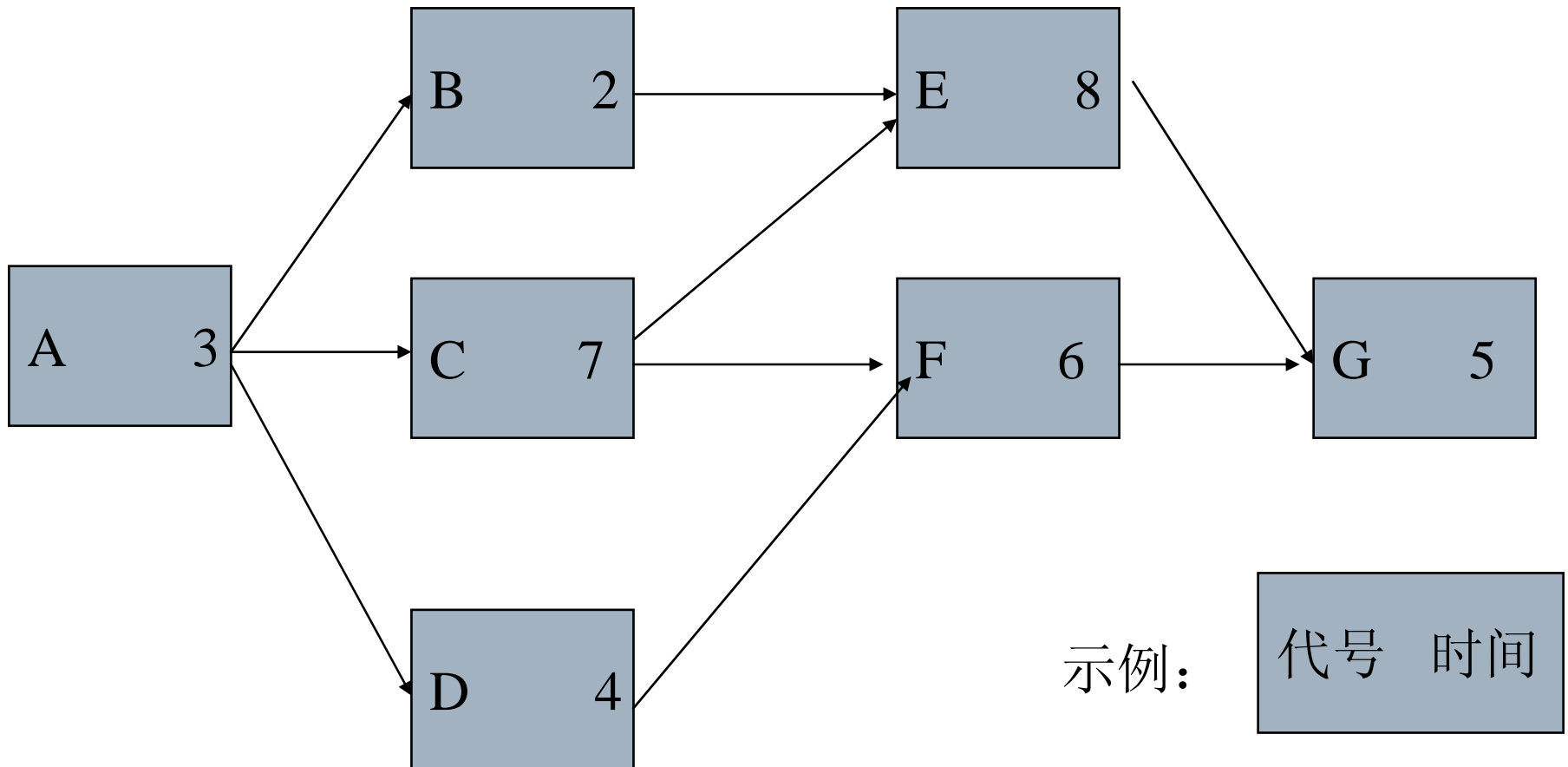
$$- \text{工作时间}$$

或 $\text{自由时差} = \min\{\text{ES}(\text{紧后工作})\}$

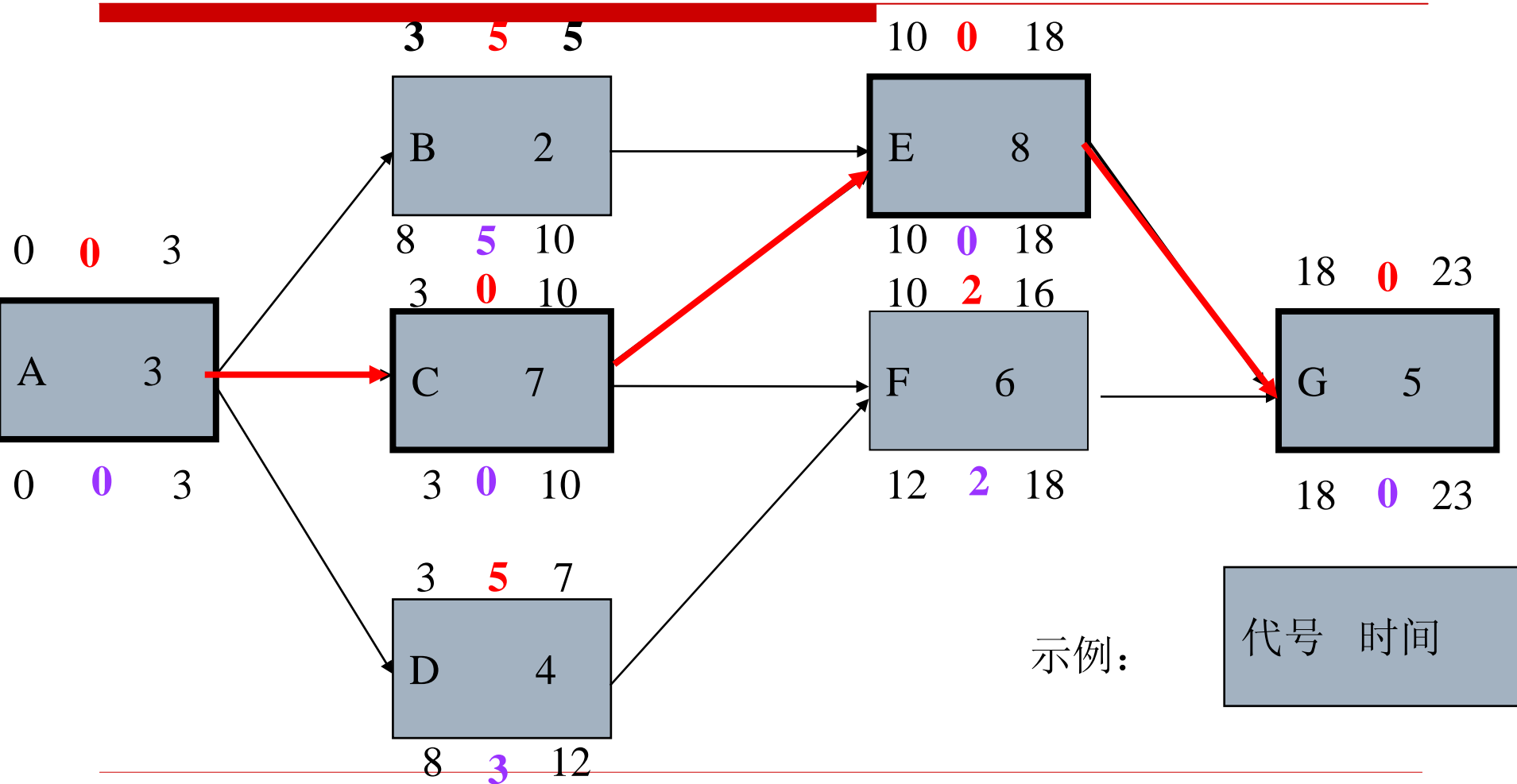
$$- \text{ES} - \text{工作时间}$$

共享

总机动时间计算(练习)

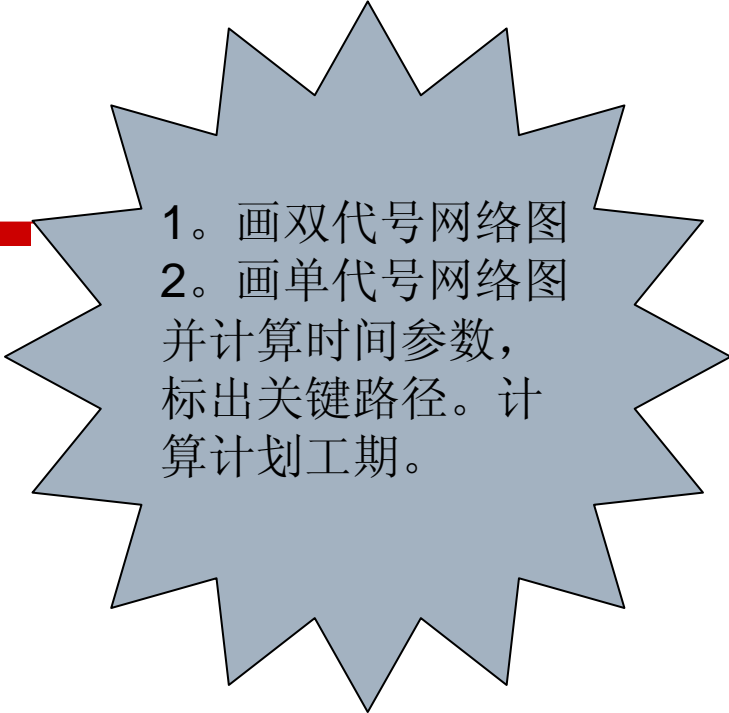


时间计算(答案)

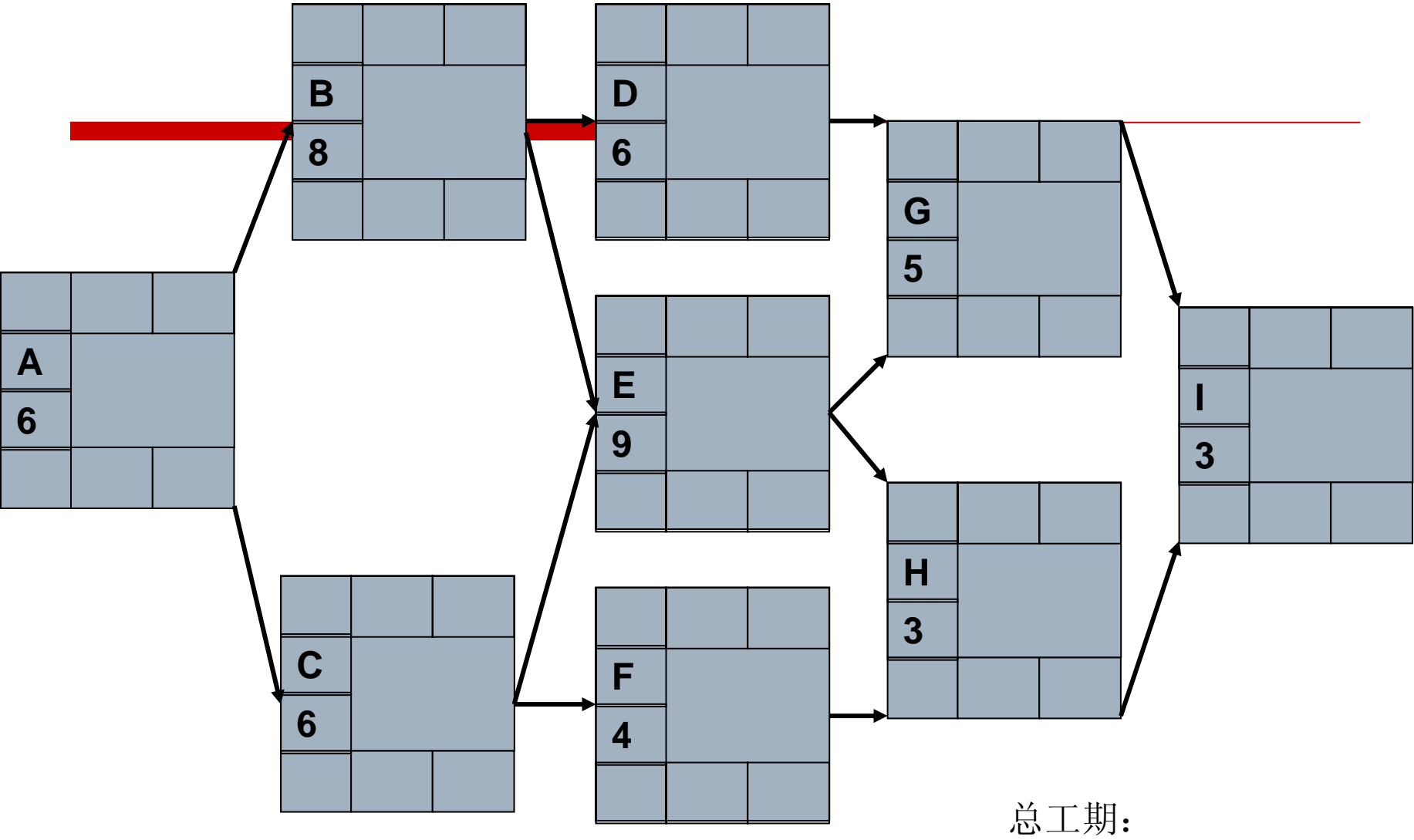


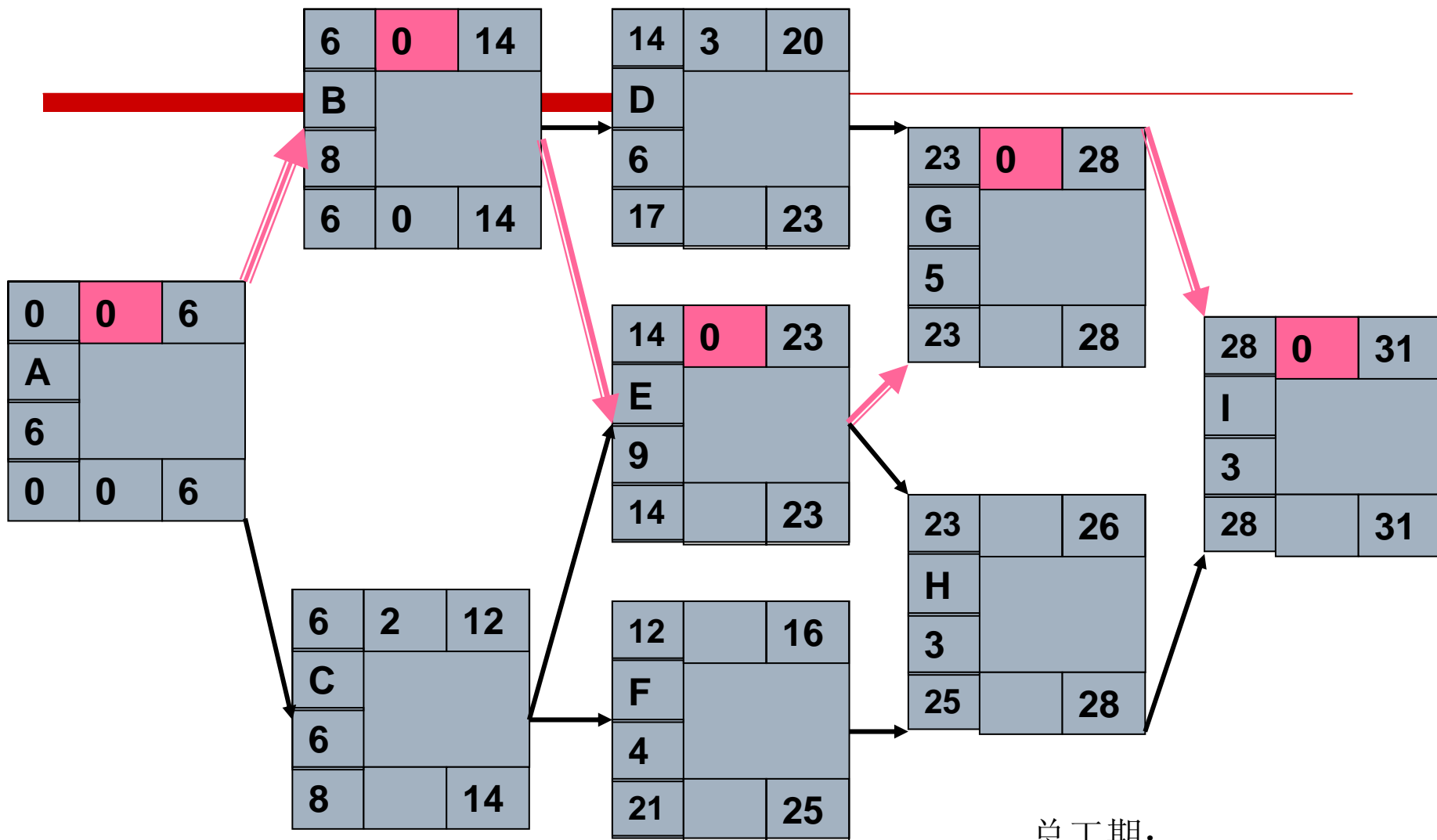
项目主体工程工作列表

工作序号	紧后工作	工作时间
A	B、C	6
B	D、E	8
C	E、F	6
D	G	6
E	G、H	9
F	H	4
G	I	5
H	I	3
I	-	3

- 
1. 画双代号网络图
 2. 画单代号网络图并计算时间参数，标出关键路径。计算计划工期。

单标号网络图





总工期:

双标号网络图

