



第五章

工程网络计划技术



【本章主要知识点】

- 一、工程网络计划技术特点和分类
- 二、工程网络计划中的逻辑关系
- 三、双代号网络计划
- 四、单代号网络计划
- 五、双代号时标网络计划
- 六、网络计划实施中的检查与分析
- 七、网络计划调整方法



第五章 工程网络计划技术

一、工程网络计划技术特点和分类

（一）工程网络计划技术特点

与传统的甘特横道计划相比，具有以下**优点**。

（1）根据管理需要，采用工程网络计划可**清楚地表达**工程任务分解后各项工作之间的**先后顺序**（逻辑关系），从而为计划执行过程中的**动态控制**奠定了良好基础。

（2）通过计算网络计划中各种时间参数，确定影响工程总工期的**关键工作**，识别出具有机动时间的非关键工作，以便明确工程进度控制的重点对象。



第五章 工程网络计划技术

(3) 基于网络计划时间参数计算结果，工程网络计划技术可根据资源约束条件和各项工作目标，**在保证工程质量和安全的前提下优化资源配置**，从而降低成本、缩短工期，当目标无法实现时，提出科学合理的目标调整方案。



第五章 工程网络计划技术

(4) 将工程网络计划与计算机技术相结合，开发有关项目管理软件，能够提高工程进度计划编制效率，**提升工程进度计划可视化程度**，进行时间参数自动计算和资源优化配置，也有利于工程进度计划实施中的动态比较分析与监控。

与传统的甘特横道计划相比，工程网络计划尽管不够简单明了和形象直观，但借助计算机技术和有关项目管理软件可以最大限度地弥补工程网络计划的不足。



第五章 工程网络计划技术

（二）工程网络计划的分类

按网络计划中工作性质进行划分	肯定型网络计划、非肯定型网络计划和随机型网络计划
按网络计划表达形式进行划分	双代号网络计划和单代号网络计划
按网络计划目标进行划分	单目标网络计划和多目标网络计划
按网络计划有无时间坐标进行划分	双代号时标网络计划和双代号非时标网络计划
按网络计划层级进行划分	单级网络计划和多级网络计划
按网络计划中工作搭接关系进行划分	普通网络计划、搭接网络计划和流水网络计划



第五章 工程网络计划技术

二、工程网络计划中的逻辑关系

工程网络计划中工作之间的**先后顺序**关系被称为**逻辑关系**。

逻辑关系是由各项工作之间的**工艺关系**和**组织关系**决定的。

工艺关系是指**生产性工作之间由工艺过程决定的、非生产性工作之间由工作程序决定的**先后顺序关系。

组织关系是指工作之间由于**组织安排需要或资源**（劳动力、原材料、施工机具等）**调配**需要而确定的先后顺序关系。



第五章 工程网络计划技术

三、双代号网络计划

双代号网络计划又称箭线式网络计划，它是以**箭线**及其**两端节点**编号来表示工作进度计划的。

节点：表示工作的**开始或结束**以及**工作之间的连接状态**。

虚箭线既不消耗时间，也不消耗资源，主要用来表示相邻两项工作之间的逻辑关系。



第五章 工程网络计划技术

（一）绘图规则

（1）网络图必须按照**已定的逻辑关系**绘制。

（2）网络图中**严禁出现**从一个节点出发，顺箭头方向又回到原出发点的**循环回路**。

（3）网络图中的箭线（包括虚箭线，下同）应保持**自左向右**的方向，不应出现箭头指向左方的水平箭线和箭头偏向左方的斜向箭线。

（4）网络图中**严禁出现双向箭头或无箭头**的连线。



第五章 工程网络计划技术

(5) 网络图中**严禁出现没有箭尾节点的箭线和没有箭头节点的箭线。**

(6) **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箭线引出（外向箭线）或终点节点有多条箭线引入（内向箭线）时，为使图形简洁，可将多条箭线经一条共用的垂直线段从起点节点引出，或将多条箭线经一条共用的垂直线段引入终点节点。

(7) 应**尽量避免网络图中工作箭线的交叉。**当工作箭线的交叉不可避免时，可以采用**过桥法或指向法**处理。



第五章 工程网络计划技术

(8) 网络图中应**只有一个起点节点和一个终点节点**（任务中部分工作需要分期完成的网络计划除外）。除网络图的起点节点和终点节点外，不允许出现没有外向箭线的节点和没有内向箭线的节点。

(9) 网络图中的节点**应用圆圈表示，并应在圆圈内编号**。节点编号顺序应从左至右、从小到大，可不连续，但严禁重复，一项工作应只有唯一的一条箭线和相应的一对节点编号，箭尾节点编号应小于箭头节点编号。



第五章 工程网络计划技术

（二）时间参数计算方法

工作的总时差（TF）是指在不影响总工期的前提下，本工作可以利用的最大机动时间。

工作的自由时差（FF）是指在不影响其紧后工作最早开始时间的前提下，本工作可以利用的机动时间。

对于同一项工作而言，自由时差不会超过总时差。

当工作的总时差为 0 时，其自由时差必然也为 0。

在网络计划的执行过程中，工作的自由时差是该工作在紧前工作完成后可以自由使用的时间。但是，如果利用某项工作的总时差，则有可能使该工作后续工作的总时差减小。



第五章 工程网络计划技术

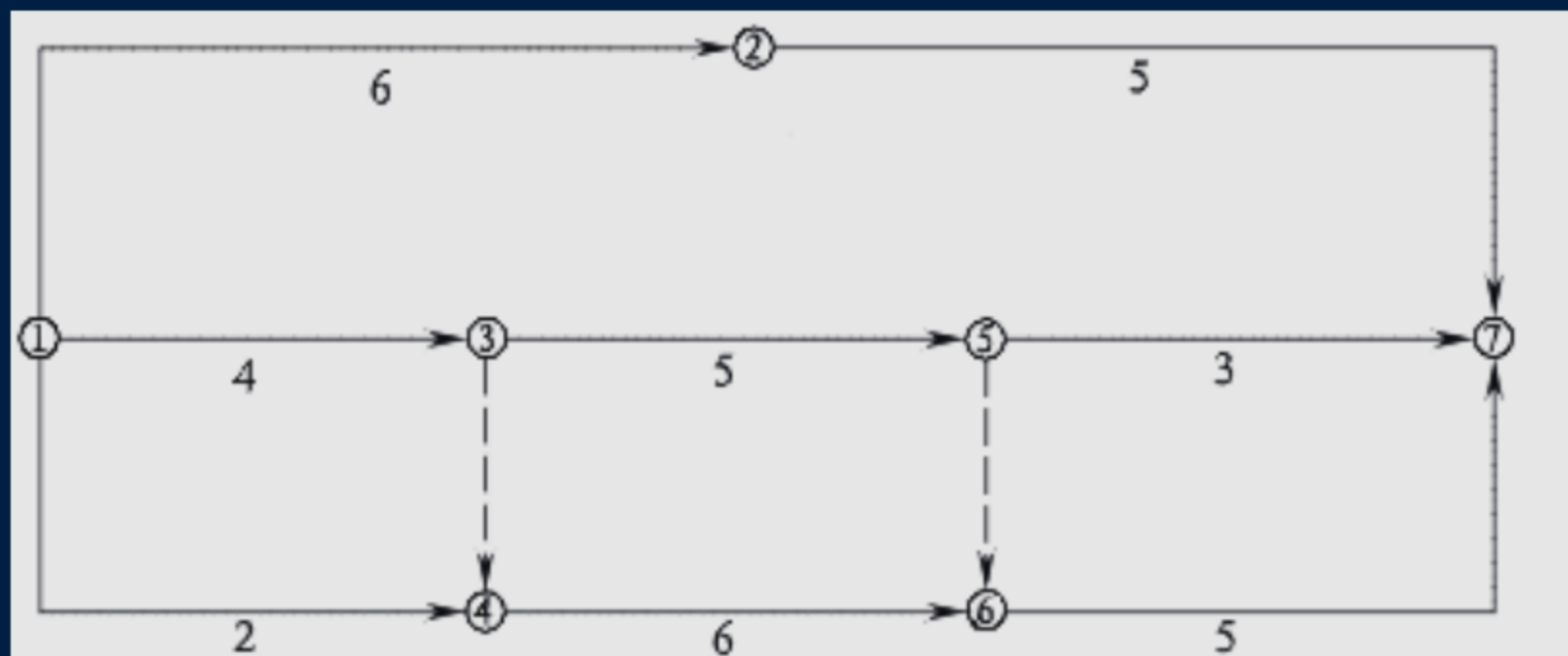


图 5-2 双代号网络计划



第五章 工程网络计划技术

1. 计算工作的最早开始时间和最早完成时间

工作最早开始时间和最早完成时间的计算应从网络计划的起点节点开始，顺着箭线方向依次进行，计算步骤如下。

(1) 以网络计划起点节点为开始节点的工作，当未规定最早开始时间时，其**最早开始时间为0**。



第五章 工程网络计划技术

(2) 工作的最早完成时间可利用以下公式进行计算：

$$EF_{i-j}=ES_{i-j}+D_{i-j}$$

(3) 其他工作的最早开始时间应等于其紧前工作最早完成时间的最大值，即

$$ES_{i-j}=\max \{EF_{h-i}\}=\max \{ES_{h-i}+D_{h-i}\}$$

(4) 网络计划的计算工期应等于以网络计划终点节点为完成节点的工作的最早完成时间的最大值，即

$$T_c=\max \{EF_{i-n}\}=\max \{ES_{i-n}+D_{i-n}\}$$



第五章 工程网络计划技术

2. 确定网络计划的计划工期

在本例中，假设未规定要求工期，则其计划工期就等于计算工期，即 $T_p=T_c=15$

计划工期应标注在网络计划终点节点的右上方。



第五章 工程网络计划技术

3. 计算工作的最迟完成时间和最迟开始时间

(1) 以网络计划终点节点为完成节点的工作，其最迟完成时间等于网络计划的计划工期，即

$$LF_{i-n}=T_p$$

(2) 工作的最迟开始时间可利用以下公式进行计算：

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

(3) 其他工作的最迟完成时间应等于其所有紧后工作最迟开始时间的最小值，即

$$LF_{i-j}=\min \{LS_{j-k}\}=\min \{LF_{j-k}-D_{j-k}\}$$



第五章 工程网络计划技术

4. 计算工作的总时差

工作的总时差等于该工作最迟完成时间与最早完成时间之差，或该工作最迟开始时间与最早开始时间之差，即

$$TF_{i-j} = LF_{i-j} - EF_{i-j} = LS_{i-j} - ES_{i-j}$$



第五章 工程网络计划技术

5. 计算工作的自由时差

工作自由时差的计算应按以下两种情况分别考虑。

(1) 对于有紧后工作的情况，其自由时差等于紧后工作最早开始时间减去本工作最早完成时间所得差的最小值，即

$$FF_{i-j} = \min \{ES_{j-k} - EF_{i-j}\} = \min \{ES_{j-k} - ES_{i-j} - D_{i-j}\}$$



第五章 工程网络计划技术

(2) 对于无紧后工作的情况，也就是以网络计划终点节点为完成节点的工作，其自由时差等于计划工期与本工作最早完成时间之差，即

$$FF_{i-n} = T_p - EF_{i-n} = T_p - ES_{i-n} - D_{i-n}$$

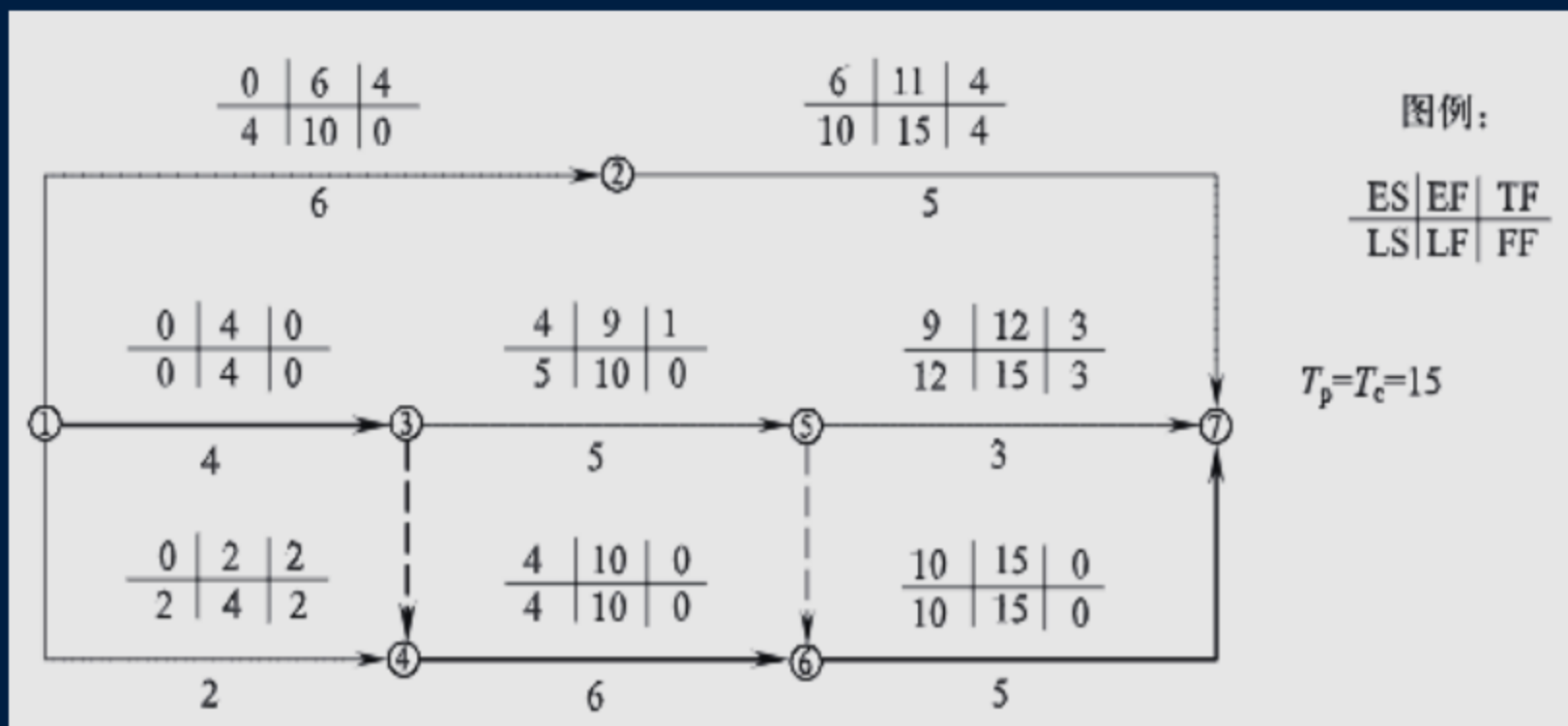
需要指出的是，对于网络计划中以终点节点为完成节点的工作，其自由时差与总时差相等。

由于工作的自由时差是其总时差的构成部分，因此，当工作的总时差为0时，其自由时差必然为0，可不必进行专门计算。



第五章 工程网络计划技术

图5-3双代号网络计划（六时标注法）





第五章 工程网络计划技术

（三）关键工作及关键线路的确定

总持续时间最长的线路称为关键线路，关键线路的长度就是网络计划的总工期。

在网络计划中，关键线路可能不止一条。而且在网络计划执行过程中，由于工作进度加快或延误，以及逻辑关系的改变，关键线路还会发生转移。

关键线路上的工作称为关键工作。



第五章 工程网络计划技术

在网络计划的实施过程中，关键工作的实际进度提前或拖后，均会对总工期产生影响。

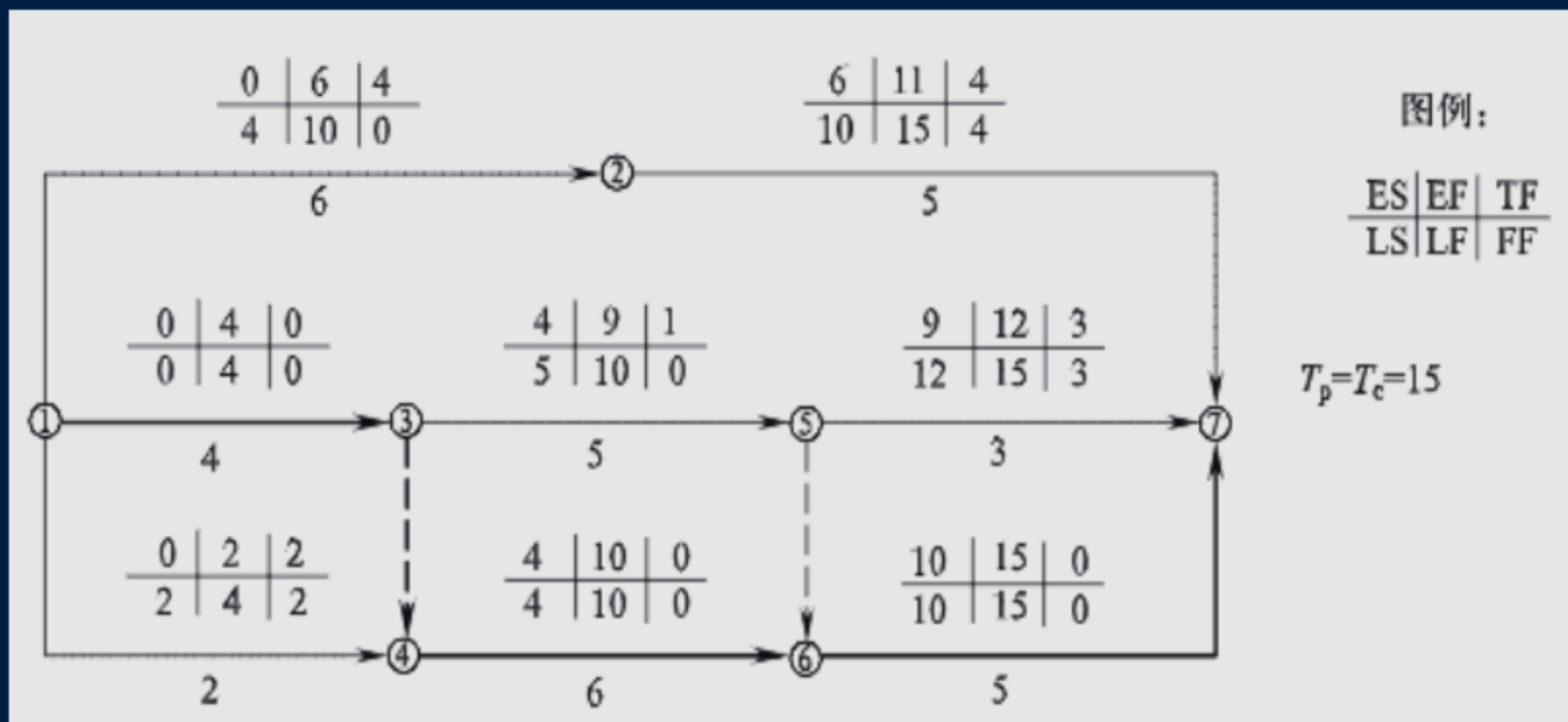
在网络计划中，总时差最小的工作为关键工作。

当网络计划的计划工期等于计算工期时，总时差为0的工作就是关键工作。



第五章 工程网络计划技术

图5-3双代号网络计划（六时标注法）





第五章 工程网络计划技术

四、单代号网络计划

(一) 时间参数计算方法

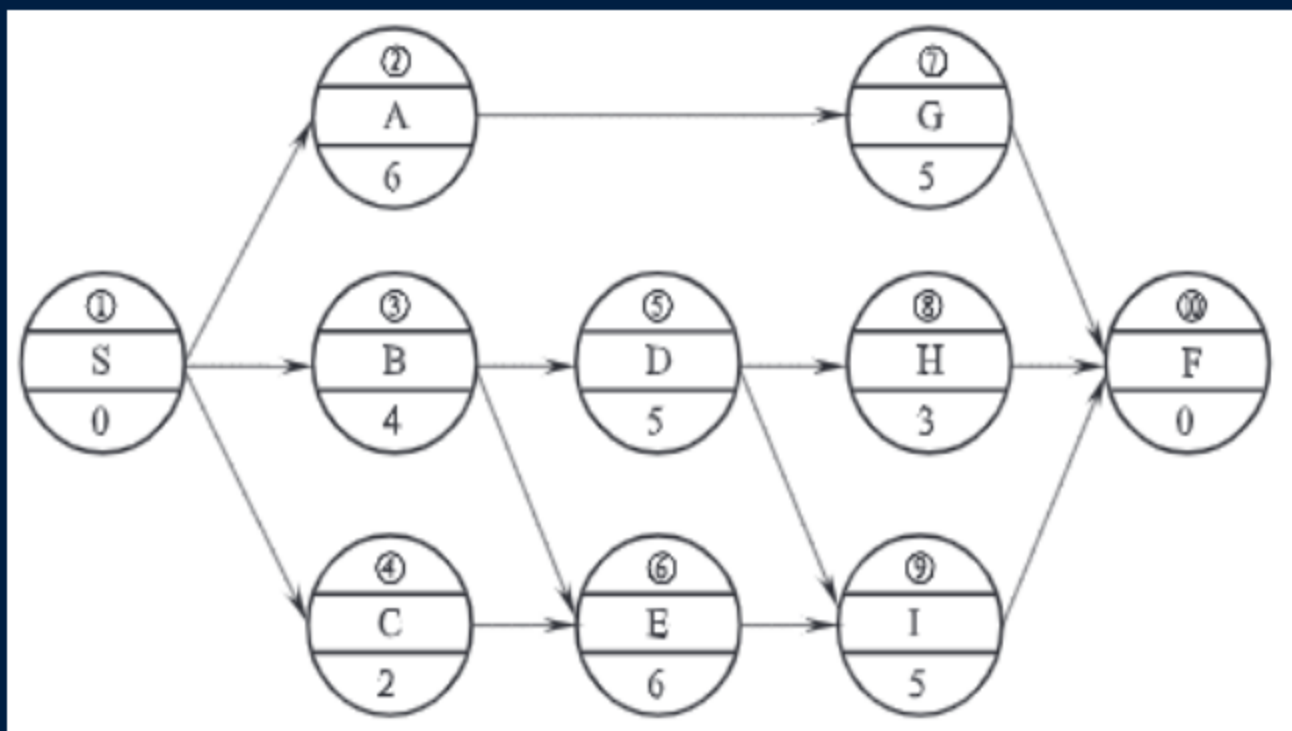


图5-8单代号网络计划



第五章 工程网络计划技术

1. 计算工作的最早开始时间和最早完成时间

工作最早开始时间和最早完成时间的计算应从网络计划的起点节点开始，顺着箭线方向按节点编号从小到大的顺序依次进行，计算步骤如下。

(1) 网络计划**起点节点**所代表的工作，若最早开始时间未规定，**取值为0**。

(2) 工作最早完成时间应等于本工作最早开始时间与其持续时间之和，即

$$EF_i = ES_i + D_i$$



第五章 工程网络计划技术

(3) 其他工作最早开始时间应等于其紧前工作最早完成时间的最大值，即

$$ES_j = \max \{ EF_i \}$$

(4) 网络计划的**计算工期**等于其**终点节点所代表的工作的最早完成时间**。例如，在本例中，其计算工期为：

$$T_c = EF_{10} = 15$$



第五章 工程网络计划技术

2. 计算相邻两项工作之间的时间间隔

相邻两项工作之间的时间间隔是指紧后工作的最早开始时间与本工作最早完成时间的差值，即

$$LAG_{i,j} = ES_j - EF_i$$

3. 确定网络计划的计划工期



第五章 工程网络计划技术

4. 计算工作的总时差

工作总时差的计算应从网络计划的终点节点开始，逆着箭头方向按节点编号以从大到小的顺序依次进行。

(1) 网络计划终点节点n所代表的工作的总时差应等于计划工期与计算工期之差，即

$$TF_n = T_p - T_c$$

当计划工期等于计算工期时，该工作的总时差为0。



第五章 工程网络计划技术

(2) 其他工作的总时差应等于本工作与其各紧后工作之间的时间间隔加上该紧后工作的总时差所得之和的最小值, 即

$$TF_i = \min \{ LAG_{i,j} + TF_j \}$$



第五章 工程网络计划技术

5. 计算工作的自由时差

(1) 网络计划终点节点n所代表的工作的自由时差等于计划工期与本工作的最早完成时间之差，即

$$FF_n = T_p - EF_n$$

(2) 其他工作的自由时差等于本工作与其紧后工作之间时间间隔的最小值，即

$$FF_i = \min \{LAG_{i,j}\}$$



第五章 工程网络计划技术

6. 计算工作的最迟完成时间和最迟开始时间

(1) 根据总时差计算

1) 工作的最迟完成时间等于本工作的最早完成时间与其总时差之和，即

$$LF_i = EF_i + TF_i$$

2) 工作的最迟开始时间等于本工作的最早开始时间与其总时差之和，即

$$LS_i = ES_i + TF_i$$



第五章 工程网络计划技术

(2) 根据计划工期计算

工作最迟完成时间和最迟开始时间的计算应从网络计划的终点节点开始，逆着箭线方向按节点编号，从大到小按照顺序依次进行。

1) 网络计划终点节点n所代表的工作的最迟完成时间等于该网络计划的计划工期，即

$$LF_n = T_p$$



第五章 工程网络计划技术

2) 工作最迟开始时间等于本工作最迟完成时间与其持续时间之差, 即

$$LS_i = LF_i - D_i$$

3) 其他工作的最迟完成时间等于该工作各紧后工作最迟开始时间的最小值, 即

$$LF_i = \min \{LS_j\}$$

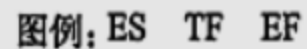
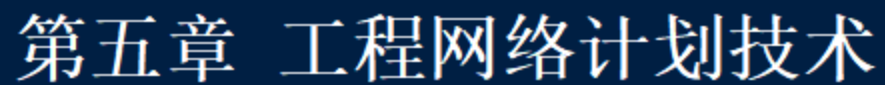


图 5-9 单代号网络计划



第五章 工程网络计划技术

（二）关键工作及关键线路的确定

1. 利用关键工作确定关键线路

总时差最小的工作为关键工作。

将这些关键工作相连，并保证相邻两项关键工作之间的**时间间隔为0**而构成的线路就是关键线路。



第五章 工程网络计划技术

利用相邻两项工作之间的时间间隔确定关键线路

从网络计划的终点节点开始，逆着箭线方向依次找出相邻两项工作之间时间间隔为0的线路，这样的线路就是关键线路。



第五章 工程网络计划技术

五、双代号时标网络计划

双代号时标网络计划（以下简称时标网络计划）必须以**水平时间坐标**为尺度来表示工作时间。

时标的时间单位应根据需要在编制网络计划之前确定，时间单位可以是**小时、日、周、月或季度**等。

在时标网络计划中，以**实箭线表示工作**，实箭线的**水平投影长度**表示该工作的**持续时间**；



第五章 工程网络计划技术

以**虚箭线表示虚工作**，由于虚工作的持续时间为0，故**虚箭线只能垂直画**；

以**波形线**表示工作与其紧后工作之间的**时间间隔**（以终点节点为完成节点的工作除外，当计划工期等于计算工期时，这些工作箭线中波形线的水平投影长度表示其**自由时差**）。



第五章 工程网络计划技术

（一）时标网络计划绘制

时标网络计划宜按各项工作的**最早开始时间**编制。

在编制时标网络计划时，应使每一个节点和每一项工作（包括虚工作）**尽量向左靠**，直至不出现从右向左的逆向箭线为止。



第五章 工程网络计划技术

（二）时间参数判定

1. 关键线路和计算工期的判定

（1）关键线路的判定

时标网络计划中的关键线路可从网络计划的**终点节点**开始，**逆着箭线方向**进行判定。

凡自始至终不出现波形线的线路即为关键线路。

（2）计算工期的判定

网络计划的计算工期应等于终点节点所对应的时标值与起点节点所对应的时标值之差。



第五章 工程网络计划技术

2. 相邻两项工作之间时间间隔的判定

除了以终点节点为完成节点的工作外，**还可用工作箭线中波形线的水平投影长度表示工作与其紧后工作之间的时间间隔。**



第五章 工程网络计划技术

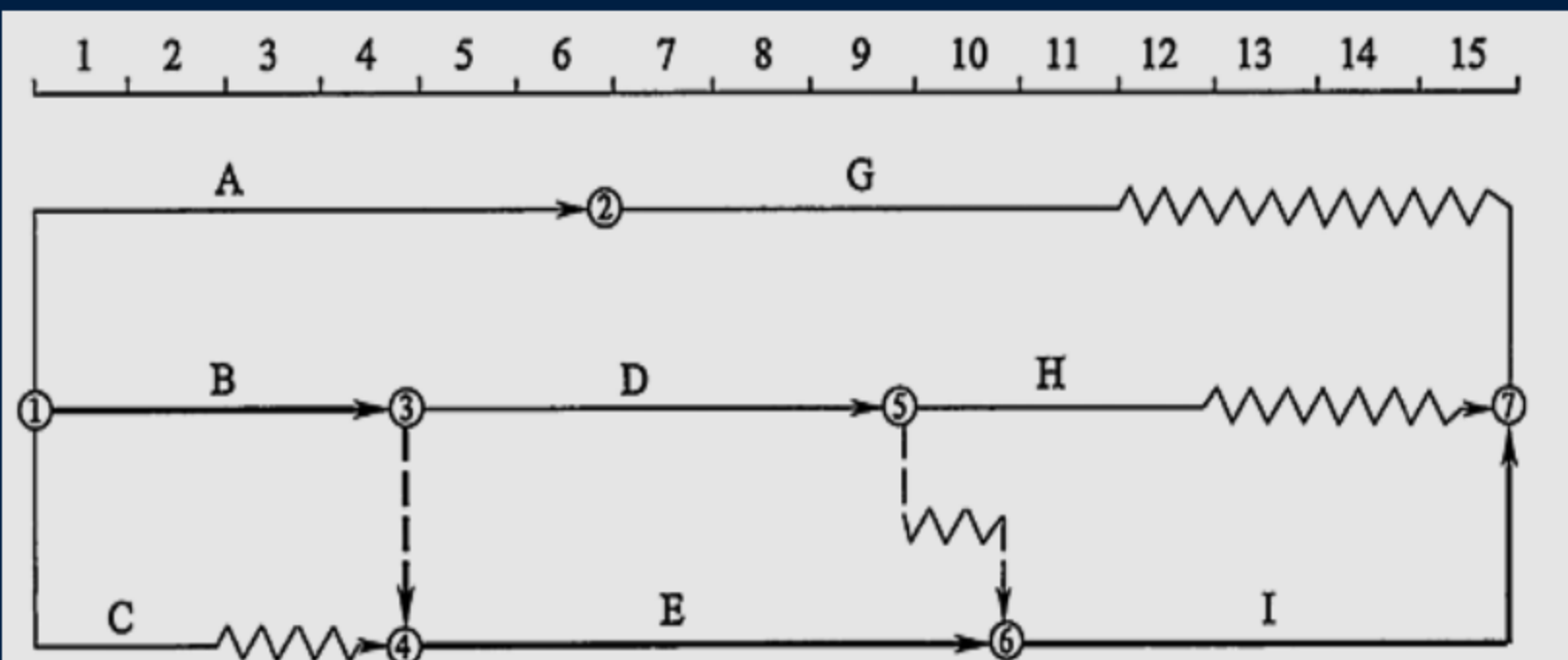


图 5-11 双代号时标网络计划



第五章 工程网络计划技术

3. 工作六个时间参数的判定

(1) 工作最早开始时间和最早完成时间的判定

工作箭线左端节点中心所对应的时标值为该工作的最早开始时间。

当工作箭线中不存在波形线时，其右端节点中心所对应的时标值为该工作的最早完成时间；

当工作箭线中存在波形线时，工作箭线实线部分右端点所对应的时标值为该工作的最早完成时间。



第五章 工程网络计划技术

2. 工作总时差的判定

工作总时差的判定应从网络计划的终点节点开始，逆着箭线方向依次进行。

(1) 以终点节点为完成节点的工作，其总时差应等于计划工期与本工作最早完成时间之差，即

$$TF_{i-n} = T_p - EF_{i-n}$$

(2) 其他工作的总时差等于其紧后工作的总时差加上本工作与该紧后工作之间的时间间隔所得之和的最小值，即

$$TF_{i-j} = \min \{ TF_{j-k} + LAG_{i-j, j-k} \}$$



第五章 工程网络计划技术

3. 工作自由时差的判定

(1) 以终点节点为完成节点的工作，其自由时差应等于计划工期与本工作最早完成时间之差，即

$$FF_{i-n} = T_p - EF_{i-n}$$

事实上，以终点节点为完成节点的工作，其自由时差与总时差必然相等。



第五章 工程网络计划技术

(2) 其他工作的自由时差就是该工作箭线中波形线的水平投影长度。

当工作之后只紧接虚工作时，则该工作箭线上一定不存在波形线，而其紧接的虚箭线中波形线水平投影长度的最短者为该工作的自由时差。



第五章 工程网络计划技术

4. 工作最迟开始时间和最迟完成时间的判定

(1) 工作的最迟开始时间等于本工作的最早开始时间与其总时差之和，即

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

(2) 工作的最迟完成时间等于本工作的最早完成时间与其总时差之和，即

$$LF_{i-j} = EF_{i-j} + TF_{i-j}$$



第五章 工程网络计划技术

六、网络计划实施中的检查与分析

在工程网络计划执行过程中，当需要将收集到的实际进展数据与计划进度数据进行比较分析时，可使用**前锋线比较法**和**列表比较法**这两种常用的比较方法。



第五章 工程网络计划技术

（一）前锋线比较法

前锋线比较法是指在时标网络计划中通过绘制某检查时刻工程实际进度前锋线，进行工程实际进度与计划进度比较的方法。



第五章 工程网络计划技术

采用前锋线比较法比较实际进度与计划进度的步骤如下。

1. 绘制时标网络计划图
2. 绘制实际进度前锋线
3. 进行实际进度与计划进度的比较

前锋线可以直观反映出检查日期有关工作实际进度与计划进度之间的关系。对某项工作来说，其实际进度与计划进度之间的关系存在以下三种情况。



第五章 工程网络计划技术

(1) 工作实际进展位置点落在检查日期的左侧，表明该工作实际进度拖后，拖后的时间为二者之差。

(2) 工作实际进展位置点与检查日期重合，表明该工作实际进度与计划进度一致。

(3) 工作实际进展位置点落在检查日期的右侧，表明该工作实际进度超前，超前的时间为二者之差。



第五章 工程网络计划技术

4. 预测工作进度偏差对后续工作及总工期的影响



第五章 工程网络计划技术

（二）列表比较法

当工程进度计划用**非时标**网络图表示时，可以采用**列表比较法**进行实际进度与计划进度的比较。



第五章 工程网络计划技术

七、网络计划调整方法

当实际进度偏差影响到后续工作、总工期而需要调整进度计划时，要对工作计划进行调整，调整方法主要有**改变某些工作间的逻辑关系、缩短某些工作的持续时间**。



第五章 工程网络计划技术

（一）改变某些工作间的逻辑关系

当工程网络计划实施中产生的进度偏差影响到总工期，且有关工作的逻辑关系允许改变时，可以改变关键线路和超过计划工期的非关键线路上的有关工作之间的逻辑关系，以此达到缩短工期的目的。

如将顺序进行的工作改为平行作业、搭接作业或分段组织流水作业等，都可以有效地缩短工期。



第五章 工程网络计划技术

（二）缩短某些工作的持续时间

这种方法不改变工程网络计划中各项工作之间的逻辑关系，而是通过采取增加资源投入、提高劳动效率等措施来缩短某些工作的持续时间，使工程进度加快，以保证按计划工期完成工程项目。

这些持续时间被压缩的工作是位于关键线路和超过计划工期的非关键线路上的工作。同时，这些工作又是其持续时间可被压缩的工作。这样的调整通常可在网络计划图上直接进行。



第五章 工程网络计划技术

为缩短某些工作的持续时间，可以从工程项目外部新调入资源，如增加施工机械、施工队伍等；也可不增加资源投入，将非关键工作的部分资源，调整到所需压缩持续时间的关键工作上，只是相应非关键工作的持续时间会延长而占用其机动时间；还可通过加班等增加工作时间的的方式来缩短某些工作的持续时间，达到缩短工期的目的。

谢谢 观看

THANK YOU