

搭接网络图

李英勇

陈兴

(山东省公路管理局 济南 250002)

(济南市公路勘察设计院 济南 250013)

摘要 介绍搭接网络的基本概念和原理, 网络图的计算方法和修正要点。列举一个工程实例, 说明计算和修正的过程。

关键词 公路 工程监理 网络

The Graph of the Spliced Network

Li Yingyong

(Highway Management Bureau of Shandong Province, Jinan)

Abstract The basic ideas and principles of the spliced network, the calculating methods of parameters as well as the revised gist of the graph are introduced in this paper. At last, an engineering example is provided to illustrate the process of calculation and revision.

Key words Highway Engineering supervision Network

公路建设体制的改革, 工程监理制度的推行, 有力地促进了公路建设的发展。监理工程师在工程监理中的根本职责是保证公路工程项目投资、进度、质量三大目标的实现。其中进度控制是以动态原理控制为指导, 分阶段地将计划目标与实际情况进行比较, 一旦发现偏离, 立即采取纠偏措施。单代号和双代号网络图是目前应用最普遍的进度控制手段, 但这两种网络图在实际运用中存在着不足之处。本文介绍一种更符合公路工程实际情况的搭接网络图。

0 概述

1. 概念

双代号(或单代号)的网络计划方法表示工序之间的逻辑关系是一种衔接关系, 即工序完成之后才进行下一工序。在工程实际中, 由于人力组织、施工安排、天气季节影响, 紧后工序的开始并不以紧前工序的完成为条件, 而只要紧前工序开工一段时间能为紧后工序提供一定工作开始条件后, 紧后工序就可以插入而与紧前工序平行施工, 工序间的这种关系我们称

之搭接关系。表示这种搭接关系的网络计划, 叫做搭接网络计划。

搭接网络计划的模型一般采用单代号的表示方法, 即以结点表示工序, 结点间的箭线表示逻辑顺序和工作之间的搭接关系。

2. 搭接网络计划的作用

(1) 真实地反映工程实施的组织情况和计划安排(如: 路面施工、钢筋混凝土施工等)。

(2) 简化绘图和计算工作量。如果用双代号表示搭接施工, 就必须用许多虚箭线。根据研究分析, 如果施工过程为 n 个, 施工段数为 m 个, 则需增加的最少虚箭线为 Z_{\min} 。

$$Z_{\min} = 2(m \cdot n + 2) - 3(m + n)$$

这些虚箭线不仅大大增加了绘图和计算工作量, 还会使网络图变得复杂, 不易于理解和掌握。

3. 搭接网络图的绘制要点和逻辑规则

(1) 一个结点代表一项工作, 结点的内容包括工作编号、工作名称、持续时间以及 6 个时间参数。

可采用的几种表示方法如图 1。

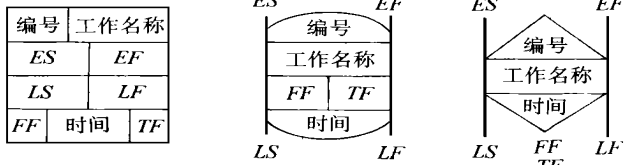


图 1

(2) 箭杆表示工作先后顺序和相互搭接关系, 共有 4 种基本的搭接关系。

(3) 计划中每项工作的开始和结束都必须与网络开始点 (ST) 和结束点 (FN) 建立直接或间接的关系, 这一点对搭接网络的调整非常重要。

- (4) 与普通网络图相同的一些要求:
- 根据工作顺序依次建立搭接关系;
 - 设置开始点和结束点;
 - 不能出现闭合回路。

1 工作的基本搭接关系

搭接网络计划共有 4 种基本的搭接关系, 它是搭接网络计划绘制与计算的基础。

1. FTS——结束和开始的关系

前后两项工作之间的关系通过前项工作结束到后项工作开始之间的时距 (LT) 来表示。当时距 $LT=0$, 即表示这两项工作首尾相接, 没有搭接。

2. STS——开始到开始的关系

前后两项工作关系用其相继开始的时距 LT_i 来表示。前面工作 i 开始后, 要经过 LT_i 时间, 后面工作 j 才能进行。

3. FTF——结束到结束的关系

前后两项工作之间的关系用其相继结束的时距

LT_j 来表示。也就是说, 前项工作 i 结束后经过 LT_j 时间, 后项工作 j 才能结束。

4. STF——开始到结束的关系

两项工作之间的关系用前项工作开始到后项工作结束之间的时距 LT_i 和 LT_j 来表达。后项工作 j 的最后部分要在前项工作 i 开始进行到 LT_i 时间后, 才能接着进行, 并继续进行 LT_j 时间才能结束。

5. 混合搭接关系

以上 4 种关系同时存在两种, 具有双重约束的关系, 叫做混合搭接关系。

2 搭接网络图的参数计算

搭接网络图计算的参数内容与普通单代号网络图基本相同, 只是计算方法有所差异。内容包括: (1) 计算最早开始及结束时间 (ES 和 EF); (2) 计算时间间隔 (Lag_{i-j}); (3) 计算局部时差 (FF); (4) 计算总时差 (TF); (5) 计算最迟开始及结束时间 (LS 和 LF)。计算以上参数完毕后, 根据关键线路的确定方法确定关键线路。

另外计算相关参数时还应注意区分连续进行的工作和间断进行的工作。因为参数计算中连续型算法用于连续进行的工作, 间断型算法适用于不连续进行的工作。间断施工的最早开始到最早结束时间不是实需时间, 而应等于前后持续时间。

1. 计算最早开始和结束时间

工作 j 的最早开始时间 ES_j 和最早结束时间 EF_j 取决于其紧前工作 i (一项或多项) 的最早开始和结束时间以及它们之间的搭接关系和时距。为清晰地表明计算方法, 以图表表示, 见表 1。

表 1

| 参 数 | 连续型算法 | 间断型算法 |
|--------|--|---|
| ES_j | $ES_j = \max_{i < j} \begin{cases} EF_i + LT \\ ES_i + LT_i \\ EF_i + LT_j - D_j \\ ES_i + LT_i + LT_j - D_j \end{cases} \begin{matrix} \text{FTS} \\ \text{STS} \\ \text{FTF} \\ \text{SIF} \end{matrix}$ | $ES_j = \max_{i < j} \begin{cases} EF_i + LT & \text{FTS} \\ ES_i + LT_i & \text{STS} \end{cases}$ |
| EF_j | $EF_j = ES_j + D_j$ | $EF_j = \max_{i < j} \begin{cases} ES_j + D_j & \text{FTSSTS} \\ EF_i + LT_j & \text{FTF} \\ ES_i + LT_i + LT_j & \text{STF} \end{cases}$ |

2 计算时间间隔 Lag_{i-j}

应该注意 Lag_{i-j} 与一般单代号网络图的含义是不同的, 它是指前面工作与后面工作之间除必要时距 LT 以外的时间间隔。 Lag_{i-j} 的计算也用图表表示如

表 2。

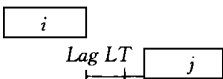

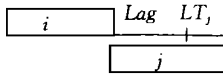
3 计算局部时差

所谓局部时差就是指保持必要时距, 且不影响所有紧后工作的最早开始和最早结束时间的条件下, 该

项工作最早时间允许变动的幅度。计算公式为

$$FF_i = \min [lag_{i-j}] \quad (i < j)$$

表 2

| 关系 | 图 例 | 算 法 |
|-----|---|----------------------------------|
| FTS |  | $Lag_{i-j} = ES_j - EF_i - LT$ |
| STS |  | $Lag_{i-j} = ES_j - ES_i - LT_i$ |
| FTF |  | $Lag_{i-j} = EF_j - EF_i - LT_j$ |

4. 计算总时差

所谓总时差就是工作 i 具有的总的机动时间, 它等于各项紧后工作 j 的总时差与相应的时间间隔 Lag_{i-j} 之和中的最小值。计算总时差的顺序从后向前计算, 公式为

$$TF_i = \min (TF_j + Lag_{i-j}) \quad (i < j)$$

5. 计算最迟必须开始和结束时间 (LS 和 LE)

LS 和 LE 可以在 ES 、 EF 和 TF 计算完毕后很容易地计算出, 公式为

$$LS_i = ES_i + TF_i$$

$$LE_i = EF_i + TF_i$$

上述计算完成以后, 就可以判别关键线路。关键线路的判别标准为: 由总时差为零的工作组成的线路, 为关键线路。

3 搭接网络图的修正

搭接网络图的修正是搭接网络计划编制过程中非常重要, 而又与其它网络图显著不同的一步工作, 有关资料中对此叙述不很确切。由于搭接网络图不象普通网络图那样, 各项工作之间是紧密的前后衔接关系, 有可能造成某些结点与开始或结束结点不存在直接或间接的联系, 因此必须用虚箭线将此类结点与开始或结束结点建立起联系, 并对有关参数进行修正。具体来说修正的情况分为以下 3 类。

1. 某结点的最早开始时间 (ES_i) < 0 。将 ES_i 修正为零, 然后计算 EF_i 。

2. 某结点的最早完成时间 (EF_i) 大于结束结点的最早完成时间 (EF)。修正方法是令 $EF = \max (EF_i)$ 。

3. 某结点的最迟完成时间 (LF_i) 大于结束结点的最迟完成时间 (LF)。修正方法是令 $LF_i = LF$,

然后再计算 LS_i 、 FF_i 、 TF_i 等参数。

4 实例

1. 根据公路工程某一实际情况 (为全面反映以上 3 种修正类型略作修改), 为进行月度计划控制而绘制了如图 2 的单代号搭接网络图。

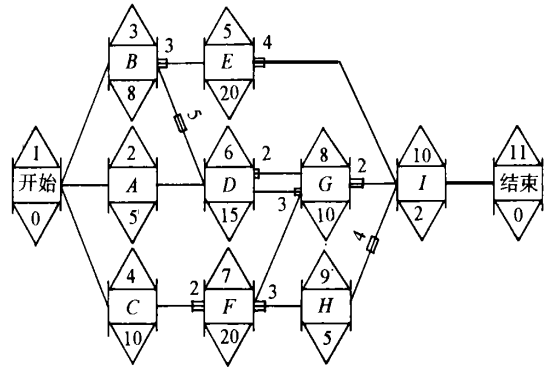


图 2

2 计算各项时间参数

(1) 计算最早开始及完成时间

开始结点: $ES_1 = 0$

$$EF_1 = 0$$

其余各结点数值见图 3。下面重点介绍 F 、 G 的计算及修正。

$$F \text{ 结点: } ES_7 = \max \{ EF_4 + LT_7 - D_7 \}$$

$$= \max \{ 10 + 2 - 20 \} = -8 < 0$$

因为 F 的最早开始时间为第 -8 天, 与开始结点没有联系, 所以进行第一次修正, 将 F 结点与开始结点用虚箭线联系起来, 即

$$ES_7 = 0 + 0 = 0$$

$$EF_7 = 0 + 20 = 20$$

$$G \text{ 结点: } ES_8 = \max \begin{cases} ES_6 + LT_6 \\ EF_6 + LT_8 - D_8 \\ EF_7 + 0 \\ 13 + 2 \end{cases}$$

$$= \max \begin{cases} 28 + 3 - 10 = 21 \\ 20 + 0 \end{cases}$$

$$\text{其 } EF_8 = ES_8 + D_8 = 21 + 10 = 31$$

计算完结束结点时, 会发现结束结点的 $ES_{11} = EF_{11} = 25 < 31$ 天, 即 G 结点与结束结点没有直接联系。进行第 2 次修正, 用虚箭线将 G 与结束结点联系起来, 即

$$ES_{11} = 31$$

$$EF_{11} = 31$$

(2) 计算时间间隔

举3例表示计算过程，余见图3。

$$Lag_{10-11} = ES_{11} - ES_{10} - LT = 31 - 25 - 0 = 6$$

$$Lag_{8-10} = ES_{10} - ES_8 - LT_8 = 23 - 21 - 2 = 0$$

$$Lag_{6-8}$$

$$\begin{cases} ES_8 - ES_6 - LT_6 = 21 - 13 - 2 = 6 & (STS) \\ EF_8 - EF_6 - LT_8 = 31 - 28 - 3 = 0 & (FTF) \end{cases}$$

(3) 计算局部时差

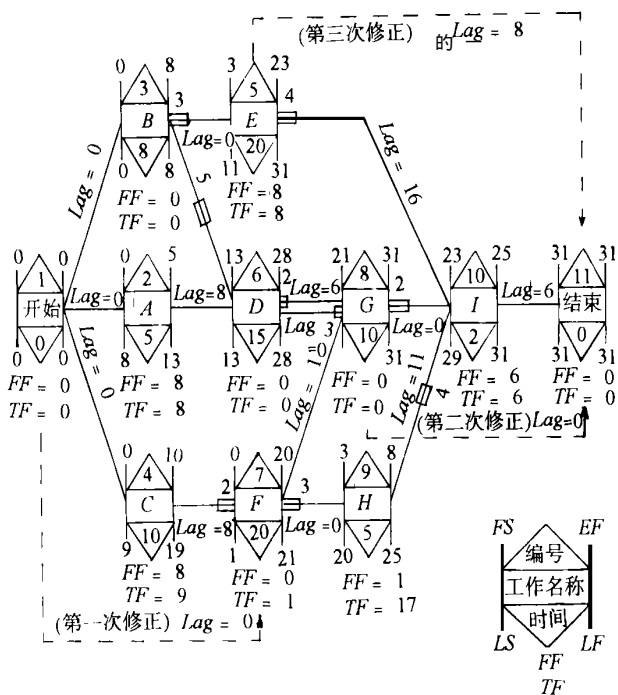


图3

以D结点为例，见图3。

$$FF_6 = \min \begin{cases} Lag=6 & STS \\ Lag=0 & FTF \end{cases} = 0$$

(4) 计算总时差

举2例表示计算过程，见图3。

结束结点: $TF=0$

F结点:

$$TF_7 = \min \begin{cases} TF_9 + Lag_{7-9} = 17 + 0 \\ TF_8 + Lag_{7-8} = 0 + 1 \end{cases} = 1$$

(5) 计算结点最迟开始和最迟完成时间

根据公式依次计算即可，各结点LE和LF数值见图3。当计算至结点E时，会发现 $LF_5 = 45 > LF_{11} = 31$ ，即E结点没有与结束结点建立起联系。进行第3次修正，即 $LF_5 = 31$ 则 $LS_5 = 11$ ，而时差也变为 $FF_5 = 8$ ， $TF_5 = 8$ 。

3. 判别关键线路

根据关键线路的判定原则，可知关键线路3为 1—3—6—8—11。

5 结语

搭接网络图是一种具有实际应用价值的网络计划类型，它与单、双网络代号图相比更符合实际情况，绘制出的图形简洁清晰，计算简便。上例若用双代号网络图绘制，则最少增加7个工作箭线（双代号网络图用箭线表示工作），3个虚箭线（表示逻辑关系），图形非常繁琐。可以说，搭接网络图具有广阔的应用前景。

(上接13页)

是现今修补路面裂缝、坑槽的较新技术。利用加压喷射方式，将乳化沥青加热后，通过喷管将乳化沥青与碎石骨料混合，喷注于路面洞穴或裂缝里，达到最佳黏合效果。修补机设有一个高速吹风机，透过导管喷出高压气柱，将需修补洞穴周边的碎石、灰尘及水分等吹走。乳化沥青由主机保持适当温度，可从喷嘴喷注于洞穴及缝隙里，因乳化沥青已成雾化状，形成一层密封的涂层。骨料从料斗中经皮带输送至喷管，在喷嘴出口与沥青液混合，形成均匀的沥青骨料填充物，利用高压气流将填充物喷射在涂层上。填充过程完成后，将沥青液阀关上，只容许骨料喷出，在填充面上盖上一层骨料作为保护层，完成后可立即开放交通。

3 路面再生法

修筑一条公路的造价十分昂贵，铺在路上的各种材料是一笔相当可观的资源财富，尤其是在各种资源日趋紧张的情况下，对路面材料加以重复利用就显得更加重要。再生搅拌施工法是把已损坏的路面和路基一起用再生拌和机破碎拌和后形成新的稳定层的施工方法。它适用于一般公路整体损坏后的翻修工程。再生搅拌施工工艺基本程序如下：在已损坏的路面上加入一定剂量的稳定材料→再生拌和机的拌和转子将上述材料破碎成5cm以下的粒料并均匀地混合→重新进行压实→经3天养生后即可开放交通→重新做面层形成新的公路。