

# 流水施工双代号网络图工期计算的创新研究

王鹏飞

(湖南高速铁路职业技术学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 随着建设工程的发展, 网络计划已成为工程领域施工进度计划的首选形式, 但其工期计算过程较为复杂, 需要熟练掌握网络图绘制、时间参数计算和时标网络图绘制等网络计划技术。为简化工期计算, 本文对流水施工双代号网络图的工期结构和时间参数特性进行了深入研究, 提出了各种流水施工形式双代号网络图工期计算的创新方法, 加快了工期计算速度, 更适宜应用在工程实践中, 为施工进度管理工作提供了新的思路。

关键词: 流水施工; 双代号网络图; 工期计算

随着建设工程的发展, 施工进度计划的理论基础和表达方式趋于成熟, 以流水施工原理为理论基础, 表达方式为横道图(甘特图)和网络计划技术(CPM)。其中, 网络计划技术凭借良好的逻辑关系表达能力, 时间参数的计算分析能力和信息化应用, 成为目前工程领域施工进度计划的首选形式, 同时也成为施工进度管理现代化的象征。然而, 网络计划的工期计算过程较为复杂, 要求编制者熟练掌握网络图绘制、时间参数计算和时标网络图绘制等网络计划技术, 这就导致网络计划进度计划的编制成本大幅提高, 尤其是在前期决策阶段, 进度计划需要根据实际情况不断修改调整, 耗费大量人力物力。通过对各种流水施工形式双代号网络图的时间特征进行深入研究, 发现了横道图与网络图时间观念的不同之处, 并得到了各种流水施工形式双代号网络图的快速计算方法, 降低了流水施工双代号网络图工期计算的理论门槛, 为施工进度管理工作提供了新的思路。

## 一、横道图和网络图的时间观念不同

建设工程施工时受到时间和空间上的限制, 最科学合理的进度管理办法就是划分施工过程和施工段, 组织流水施工, 继而采用选择横道图或网络图表现形式来绘制进度计划。然而, 在实际工作中, 管理人员发现, 同样的施工管理条件, 采用横道图和网络图所得到的工期往往不一致, 接下来通过算例1来分析两种表达形式工期计算的区别。

算例1: 某分部工程包含A、B、C、D4个施工过程, 划分为3个施工段, 各施工过程的流水节拍分别为 $t_a=2$ 天,  $t_b=4$ 天,  $t_c=2$ 天,  $t_d=3$ 天, 试计算工期并绘制进度计划。

### (一) 横道图工期计算

由算例1题意可知, 采用一般异节奏流水施工形式, 则工期计算过程和横道图进度计划绘制如下:

#### (1) 计算流水步距:

若  $t_i \leq t_{i+1}$ ,  $K_{i, i+1} = t_i$

若  $t_i > t_{i+1}$ ,  $K_{i, i+1} = mt_i - (m-1)t_{i+1}$

则  $K_{A, B} = 2$  (天);  $K_{B, C} = 8$  (天);  $K_{C, D} = 2$  (天)

#### (2) 计算工期:

$T = \sum K_{i, i+1} + mt_m = (2+8+2) + 3 \times 3 = 21$  (天)

#### (3) 绘制横道图进度计划:

施工过程	施工进度/天																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	①	②	③																		
B			①	②	③																
C						①	②	③													
D										①	②	③									

图1 算例1横道图进度计划

### (二) 双代号网络图工期计算

对普通双代号网络图进行计算得到工期为19天, 或依据普通双

代号网络图直接绘制时标网络图求得工期, 图中粗箭线即为关键线路。

由算例1可知, 采用横道图工期为21天, 采用双代号网络图工期为19天。经分析, 造成两种图形工期不一致的根本原因在于时间观念不同。横道图的时间观念为“连续施工”, 而网络图的时间观念为“赶早”, 按最早时间确定的, 相当于横道图部分间断的安排方法, 所以网络图的工期小于等于横道图。

## 二、有节奏流水施工双代号网络图工期计算

有节奏流水是指同一施工过程各施工段上的流水节拍相等, 不同的施工过程之间流水节拍不一定相等的流水施工方式, 根据流水节拍之间的不同联系, 又可划分为一般异节奏、等节奏和成倍节拍三种流水施工形式。

### (一) 一般异节奏流水施工双代号网络图工期计算

一般异节奏是指同一施工过程在各个施工段的流水节拍相等, 不同施工过程之间的流水节拍不完全相等的流水施工方式, 详见算例1。为便于分析工期计算规律, 绘制出算例1双代号时标横道图, 如图2。

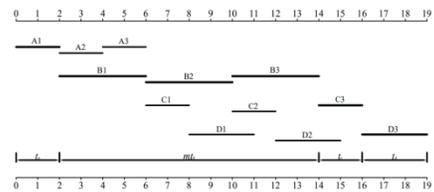


图2 算例1双代号时间坐标下的横道图

由图2可知, 工期由B施工过程持续时间和 $t_a$ 、 $t_c$ 、 $t_d$ 之合组成, 关键线路为 $A1 \rightarrow B1 \rightarrow B2 \rightarrow B3 \rightarrow C3 \rightarrow D3$ 。这是因为 $t_b$ 是各施工过程中流水节拍的最大值, 即流水节拍阈值( $t_e = \max\{t_i\}$ )。可见, 一般异节奏流水双代号网络图的工期等于节拍值为阈值的施工过程持续时间和其他施工过程的节拍值之合, 计算公式为:  
 $T = mt_e + \sum t_i - t_e = (m-1)t_e + \sum t_i$

### (二) 等节奏流水施工双代号网络图工期计算

等节奏是有节奏流水施工的一种特殊的流水形式, 即流水节拍全部相等, 工期计算公式可由横道图工期计算公式调整为:  
 $T = (m+n-1)t = (m-1)t + nt = (m-1)t + \sum t_i$  可见, 对于等节奏而言, 横道图与双代号网络图的工期相等。

### (三) 成倍节拍流水施工双代号网络图工期计算

成倍节拍是指同一施工过程在各个施工段的流水节拍相等, 不同施工过程之间的流水节拍不完全相等, 各流水节拍之间存在最大公约数(tgy), 流水节拍大的施工过程按最大公约数的倍数成立专业施工班组个数组织施工的流水施工方式, 施工班组总数用n1表示。工期计算公式可由横道图工期计算公式调整为  
 $T = (m+n_1-1)t_{g0} = (m-1)t_{g0} + n_1 t_{g0} = (m-1)t_{g0} + \sum t_i$  可见, 对于成倍节拍而言, 横道图与双代号网络图的工期相等。

综上所述，通过分析推导得出了有节奏流水施工双代号网络图工期的统一计算公式，只需要确定施工段（m）和各施工过程的节拍值（t<sub>i</sub>），就可以套用相应流水施工形式双代号网络图计算公式，快速计算出工期。

三、无节奏流水施工双代号网络图工期计算

无节奏流水是指同一施工过程各施工段上的流水节拍不全相等，不同的施工过程之间流水节拍也不全相等的一种流水施工方式。由于节拍值之间没有任何规律可言，无节奏流水的工期计算是最为复杂的。如采用横道图编制进度计划，工期计算的关键在于确定流水步距，常用的方法是累加数列法，即“累加数列、错位相减、取大差值”。流水步距之和加上最后一个施工过程的持续时间就得到横道图进度计划的工期。若采用双代号网络图编制进度计划，传统方法首先要绘制普通双代号网络图，然后计算时间参数或绘制时标网络图求得工期。经研究发现，可采用节拍值数据直接进行工期计算，大大简化了计算步骤。接下来通过算例2对两种计算方法进行对比分析。

算例2：某分部工程划分为3个施工段，4个施工过程，各施工过程在各施工段的节拍值如表1所示，试计算工期并绘制双代号网络图进度计划。

表1 算例2节拍值表

Table with 4 columns: 施工过程 (A, B, C, D) and 施工段 (1, 2, 3). Values: A(2,4,3), B(2,3,2), C(3,3,2), D(5,3,3).

(一) 传统方法

对普通双代号网络图进行计算得到工期为18天，或依据普通双代号网络图直接绘制时标网络图求得工期（图3），图中粗箭线即为关键线路。

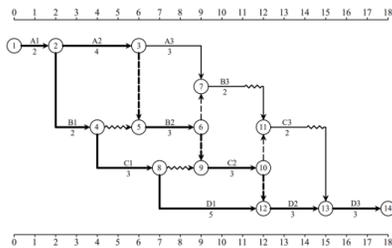


图3 算例2普通双代号网络图

(二) 表格算法

由于双代号网络图的工期是依据最早时间确定的，每项工作都要等到紧前工作全部结束以后才能开始。基于这种计算原理，工作（i，j）的最早完成时间（EF<sub>i,j</sub>）在节拍值表格里的表现，等于节拍值表（表1）里左侧和上部数值较大者与本工作节拍值之和（详见表2），总结为“左上取大，向下累加”，而最后一项工作的最早完成时间就是工期。EF<sub>i,j} = max{EF<sub>i,j-1</sub>, EF<sub>i-1,j</sub>} + t<sub>ij} (3-1)。故 EF<sub>B2} = max{EF<sub>B1</sub>, EF<sub>A2</sub>} + t<sub>B2} = max{4, 6} + 3 = 6 + 3 = 9。其他各项工作的最早完成时间计算结果如表3，D<sub>3}为最后一项工作，EF<sub>D3} = 18，即工期为18天。</sub></sub></sub></sub></sub></sub>

表2 最早完成时间 EF<sub>i,j</sub> 计算方法 表3 算例2最早完成时间 EF<sub>i,j</sub> 计算结果

Two tables side-by-side. Table 2 shows calculation formulas for EF values. Table 3 shows calculated EF values for activities A, B, C, and D across segments 1, 2, and 3.

可见，表格算法省去了网络图的绘制和计算等多个步骤，

可以直接在节拍值表格的基础上计算工期，提升计算速度的同时，大幅降低对网络计划技术应用能力的要求，提供了一种更为便捷的计算方法。

四、流水施工双代号网络图工作时间参数表格算法

双代号网络图可以通过工作时间参数的计算，找到关键工作和关键线路，明确非关键工作及其在施工中的机动性，全面科学的分析网络图各项工作的时间特征。由算例2可知，工作（i，j）的EF<sub>i,j}可通过节拍值表格进行快速计算，同理，其他工作时间参数也可以采用表格算法得到。通过分析最迟完成时间的计算原理，发现工作（i，j）的最迟开始时间（LS<sub>i,j}）等于节拍值表格里本工作节拍值右侧和下部数值里较小者与本工作节拍值之差（详见表4），总结为“右下取小，向上累减”。</sub></sub>

LS<sub>ij} = min{LS<sub>ij+1</sub>, LS<sub>i+1,j</sub>} - t<sub>ij} (4-1)</sub></sub>

故 LS<sub>C2} = min{LS<sub>C3</sub>, LS<sub>D2</sub>} - t<sub>B2} = min{13, 12} - 3 = 12 - 3 = 9。其他各项工作的最迟开始时间如表5。</sub></sub>

表4 最迟开始时间 LS<sub>i,j</sub> 计算方法 表5 算例2最迟开始时间 LS<sub>i,j</sub> 计算结果

Two tables side-by-side. Table 4 shows calculation formulas for LS values. Table 5 shows calculated LS values for activities A, B, C, and D across segments 1, 2, and 3.

根据工作时间六参数之间的内在联系，由EF<sub>i,j}和LS<sub>i,j}就可得到其他时间参数。</sub></sub>

综上所述，表格算法可以很好的完成无节奏流水双代号网络图工作时间参数的计算，以便快速得到各项工作的时间参数，且表格算法作为一种创新计算方法，适用于各种流水施工形式。

五、结语

本文通过对四种流水施工形式双代号网络图的时间特性进行分析研究，得出如下结论：

(1) 横道图与网络图时间观念的区别在于是否“连续施工”。网络图没有“连续施工”的概念，各工作的时间关系相当于部分间断的横道图，其工期小于等于横道图。

(2) 分析了等节奏、一般异节奏、成倍节拍等三种有节奏流水双代号网络图的工期组成，提出了更为便捷、快速的工期计算系列公式。

(3) 结合无节奏流水节拍值表和网络图时间参数计算原理提出了表格算法，大大提高了工期和工作时间参数的计算速度。

综上所述，流水施工双代号网络图工期计算的创新计算方法，降低网络计划技术理论门槛的同时加快了计算速度，便于学习掌握和灵活运用。

参考文献：

1] 李广燕. 双代号时标网络计划在施工进度控制中的具体应用[J]. 科技风, 2015(14): 177.
[2] 余磊. 施工组织设计全等节拍流水施工工期计算公式修正[J]. 建筑技术开发, 2017(15): 46-47.
[3] 张萍, 李远航, 刘明明等. 建筑施工组织与进度控制[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2017: 40-42.
[4] 黎秀云. 多个施工层成倍节拍流水与无节奏流水的应用[J]. 工程建设, 2017(5): 98-100.

基金项目：2021年度衡阳市指导性计划立项课题

作者简介：王鹏飞（1986.9），男，汉族，河南许昌人，湖南高速铁路职业技术学院，讲师，智能建造教研室主任，主要研究方向为项目管理、智能建造技术等。