

# 介绍一种网络图优化方法

□ 徐惠毅（原上海建工（集团）总公司中建上海分公司）

【摘要】介绍一种资源一定、工期优化的网络图优化方法。

【关键词】网络计划 优化 当前时差法

## Introduction to a Network Optimisation Method

### 1. 引言

网络图有一个特点，就是“向关键路线要时间，向非关键路线要效益”。向关键路线要时间，指的是压缩工期应从关键线路着手；向非关键路线要效益，指的是网络图的资源优化。网络图的优化基本上有以下三种：

（1）、工期规定，资源优化

当资源量没有规定时，利用时差，把非关键活动挪后，使得资源量对工期的分布曲线尽量均匀，减少用工的高峰与谷底，达到均衡施工的目的。

（2）、资源一定，工期优化

当每时间单位（日，星期等）的资源量（例如，人工数）一定时，求最短工期。本文将详细讨论这一点。

（3）工期—成本优化

这是利用直接费随工期缩短而增加、间接费随工期缩短而减少的一般施工特征，压缩那些位于关键线路上的、直接费对工期较不敏感的活动，使直接费增长得慢一点，间接费减少得快一点而取得效益，最终达到工期—成本（直接费加间接费）最优的目的。

经过优化后的网络图，各活动之间的逻辑关系维持不变，但关键线路可能转化。

### 2. 资源一定，工期优化的方法—当前时差法

假定在某一时间单位，各个活动所需要的资源量超过了额定资源供应量，某个活动须向后移动一段时间以避免资源需求高峰，于是，我们就有如下用一般横道图表达的这一活动（图1）：

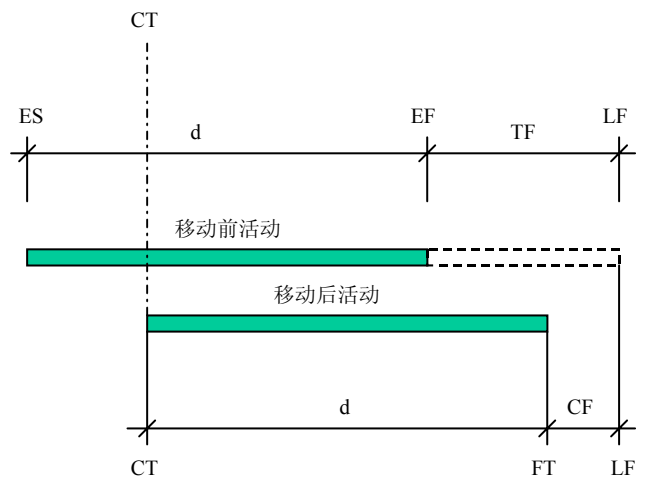


图1 当前时差法模型

上图中：

ES: 活动的最早开始时刻；

EF: 活动的最早结束时刻；

LF: 活动的最迟结束时刻；

TF: 总时差；

d: 活动的持续时间；

CT: 活动的当前时刻；

FT: 活动的结束时刻;  
CF: 活动的当前时差。

“当前时刻” CT 是一个动态时刻，它犹如一把竖向标尺，从工期开始到结束，逐一衡量每一时间单位的资源需求量，看该时间单位的资源需求量是否超出预定的供应量。若发现有超出，则以“当前时差” CF 作为判断标准，以诸活动中“当前时差”的小者优先分配资源，而大者向后移动。这是因为时差越小，该活动紧急程度越高，越有优先权。

从图 1 中，可以得到如下两个公式：

$$CF = LF - d - CT$$

$$FT = d + CT$$

以下以一个例题说明其用法。

### 3. 例题

一网络计划如图 2。节点的最早与最迟时刻标于节点旁，活动的持续时间（天）标于箭杆之上，活动的每天资源需求量用括号标于箭杆之下。每天的最大资源供应量为 18 单位。

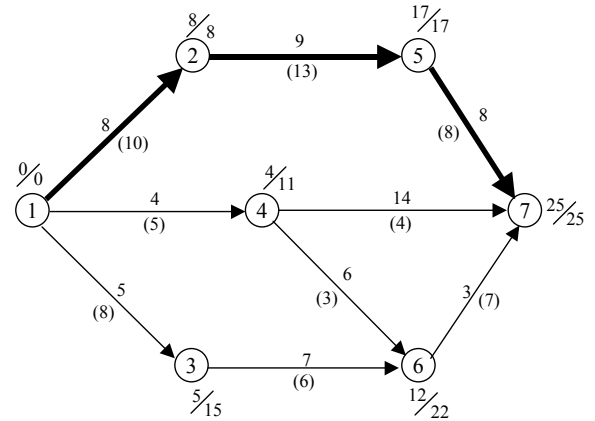


图 2 例题网络图

将此网络图输入项目管理软件 Primavera Project Planner Ver 3，得到以横道图形式表达的该网络计划（图 3）。

图 3 的横道图中，非关键活动后的细实线表示总时差。横道图的下方是资源对工期的分布。其中的直方图上方红色部分为资源超出部分，曲线为累计资源需求量。

表 1 为例题的详细演算步骤。

现对每一步骤作一说明。

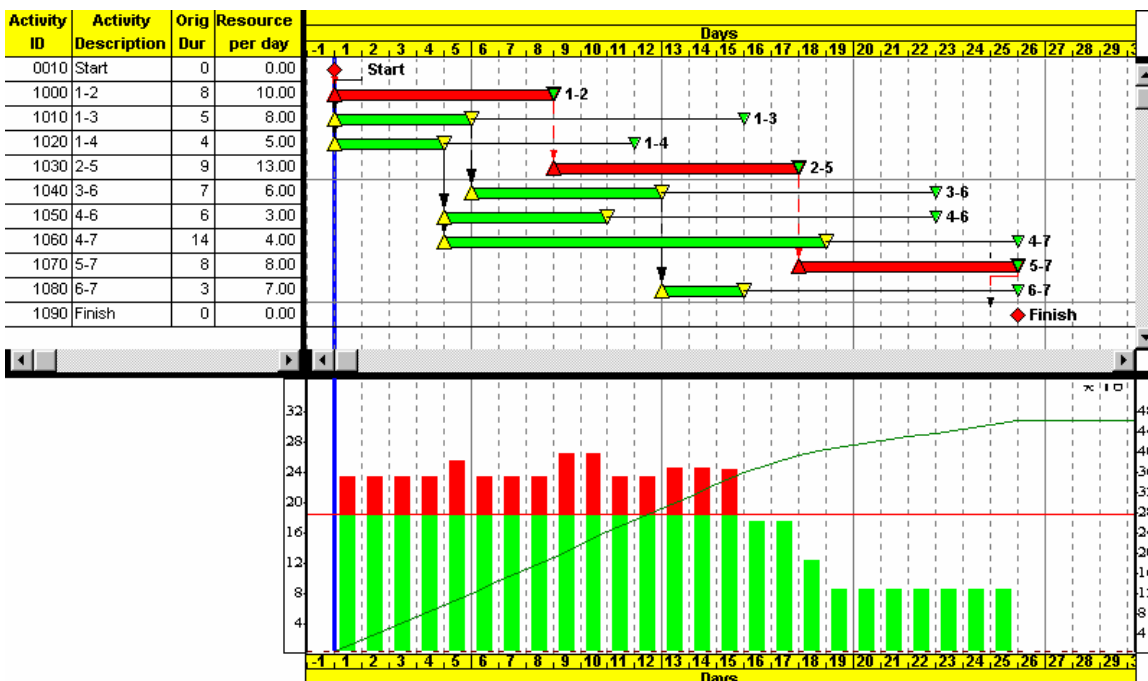


图 3 优化前横道图及其资源分布

当前时差法演算表

表 1

活动的当前时刻 (CT)	活动名称 (ACT)	活动持续时间 (d)	每天资源需求量	活动的最迟结束时刻 (LF)	活动的当前时差 (CF=LF-d-CT)	决策	活动的结束时刻 (FT=d+CT)	说明
0	1-2	8	10	8	0	开始	8	
	1-3	5	8	15	10	暂缓		
	1-4	4	5	11	7	开始	4	完成
4	1-2		10			继续	8	完成
	1-3	5	8	15	6	开始	9	
	4-6	6	3	22	12	暂缓		
	4-7	14	4	25	7	暂缓		
8	1-3		8			继续	9	完成
	4-6	6	3	22	8	开始	14	
	4-7	14	4	25	3	开始	22	
	2-5	9	13	17	0	暂缓		
9	4-6		3			继续	14	完成
	4-7		4			继续	22	
	2-5	9	13	17	-1	暂缓		
	3-6	7	6	22	6	开始	16	
14	4-7		4			继续	22	
	2-5	9	13	17	-6	暂缓		
	3-6		6			继续	16	完成
16	4-7		4			继续	22	完成
	2-5	9	13	17	-8	开始	25	
	6-7	3	7	25	6	暂缓		
22	2-5		13			继续	25	完成
	6-7	3	7	25	0	暂缓		
25	6-7	3	7	25	-3	开始	28	完成
	5-7	8	8	25	-8	开始	33	
28	5-7		8			继续	33	完成

(1) 当前时刻 CT=0:

在三个从零时刻出发的活动中，1-2 的 CF=0, 1-3 的 CF=10, 1-4 的 CF=7。按 CF 的大小，优先考虑 1-2，其次 1-4，再次 1-3。因 1-2 的资源需求量为 10，1-4 为 5，1-3 为 8，三者相加为 23，已超过供应量 18，故 1-3 需挪后开始（以“暂缓”表示），而 1-2 和 1-4 则按原计划开始（以“开始”表示），这两者资源需求量相加为 15，在资源供应量 18 范围内，故可行。然后对“开始”的活动 1-2 和 1-4 计算 FT（即活动的最早结束时刻），取其小者，即 1-4 的 FT 为下一轮的 CT，小者 FT 活动 1-4 本身亦完成了优化过程（以“完成”表示）。

(2) 当前时刻 CT=4:

首先继承上轮的“开始”、但未“完成”的活动，即 1-2，标以“继续”；再继承

上轮的“暂缓”活动，即 1-3。接下来考虑已“完成”活动 1-4 之后的诸活动，即活动 4-6、4-7。对 1-2，因上轮已开始，本轮继续，故 FT 同上轮不变；其余 1-3、4-6 和 4-7 的 CF 分别为 6、12 和 7，由此判定的优先次序是：1-3、4-7 和 4-6。因 1-2 已占有 10 的资源量，1-3 占有 8，两者总和已达 18，故 4-6 和 4-7 “暂缓”，即挪后开始。计算“开始”活动的 FT，即 1-3 的 FT，然后在所有活动的 FT 中取小者 FT 为“完成”的活动，即 1-2，并以此 FT 为下一轮的 CT。

表 1 中的箭头表示上轮同本轮之间的逻辑与流程关系，便于理解。

(3) 当前时刻 CT=8:

首先继承上轮除“完成”以外的活动，即 1-3、4-6 和 4-7，然后考虑上轮“完成”活动 1-2 之后的活动，即 2-5。计算除“继

续”活动以外活动的 CF 以判定优先次序，核查资源需求量与供应量，得到本轮决策结果。其中 1-3 同 2-5 的资源需求量已达 21，故 2-5 轮空，由 4-7 和 4-6 取代。计算 FT，活动 1-3 的 FT 最小，标以“完成”，并以其 FT 作为下一轮的 CT。

(4) 当前时刻 CT=9:

继承上轮除“完成”外的活动，即 4-6、4-7 和 2-5。加入上轮“完成”后的活动，即 3-6。计算由本轮决策的 CF，核查资源供需情况，做出本轮决策。继承上轮已“开始”活动的 FT，计算本轮“开始”活动的 FT，取其中最小 FT 的活动为“完成”，并作为下一轮的 CT。

(5) 当前时刻 CT=14:

继承上轮除“完成”外的活动，即 4-7、2-5 和 3-6。因 4-6 之后的活动 6-7 还受 3-6 制约，而 3-6 还未完成，故本轮不能加入 6-

7。又因 4-7、2-5 和 3-6 的资源需求总和已达 23，故 2-5 “暂缓”开始（挪后）。

(6) 当前时刻 CT=16:

本轮加入 6-7，因之前的 4-6 和 3-6 均已“完成”。

(7) 当前时刻 CT=22, 25 和 28:

方法同前，不赘述。

以各“完成”活动的 FT 为最早结束时刻修正原网络计划图，可得到优化后网络图，相应的优化工期是 33 天。将优化后网络图输入 Primavera Project Planner Ver 3，得到优化后的横道图及其相应的资源—工期分布直方图和累计曲线（图 4）。显见其每天最大资源需求量已降至 18，刚好等于每天资源供应量。用 MS Excel 也能得到相同结果（图 5）。值得一提的是，Primavera Project Planner Ver 3 也有此功能，运行后有类似结果，但所得关键路线不同于本法，可见其优化规则亦不同于本法。

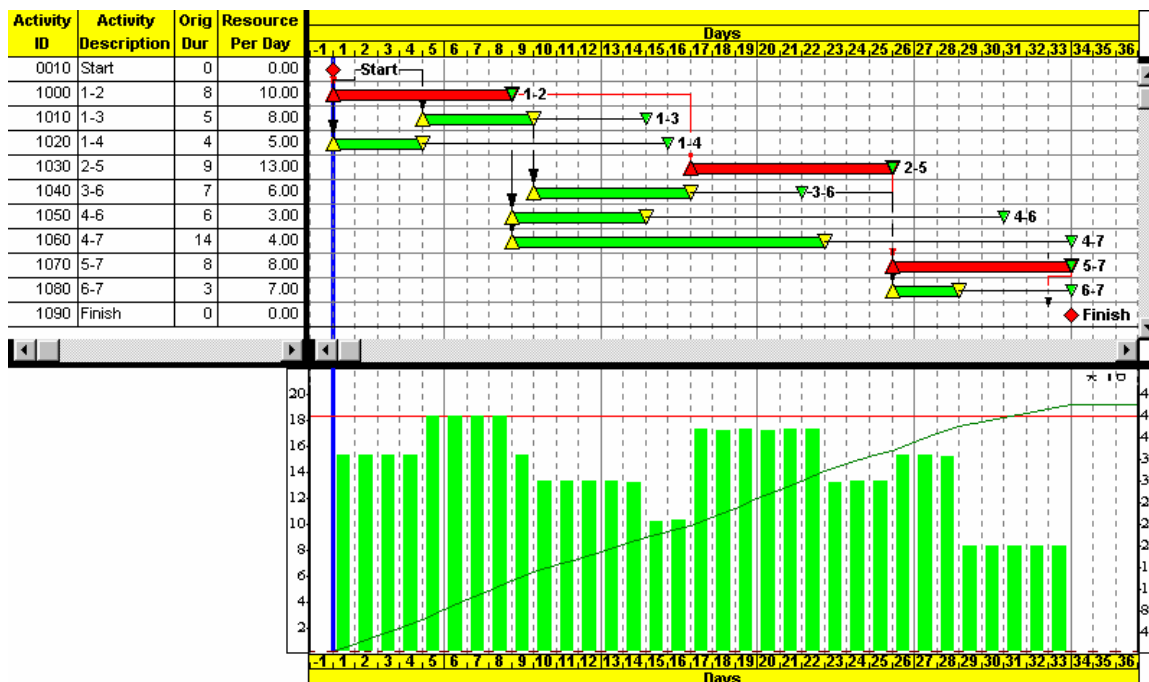


图 4 优化后横道图及其资源分布

工期 活动	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
1-2	10	10	10	10	10	10	10	10																										
1-3					8	8	8	8	8																									
1-4	5	5	5	5																														
2-5																	13	13	13	13	13	13	13	13	13									
3-6										6	6	6	6	6	6	6																		
4-6									3	3	3	3	3	3	3																			
4-7								4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4												
5-7																										8	8	8	8	8	8	8	8	8
6-7																									7	7	7							
每天总计	15	15	15	15	18	18	18	18	15	13	13	13	13	13	10	10	17	17	17	17	17	17	17	13	13	13	15	15	15	8	8	8	8	8

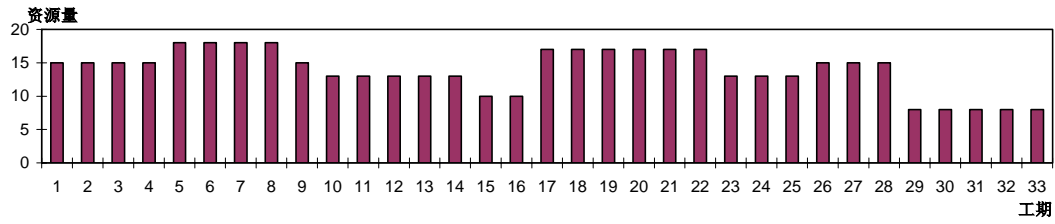


图 5 用 Excel 表达的优化后资源分布图

当前时差法的价值在于提供了一种算法，以此可编出相应的计算机程序供实际工程应用。

参考文献：

V.Shmuganayagam. Current Float Models. Nanyang Technological University, Singapore, 2000。