

# 搭接网络向双代号网络的转化

佟鹤晶, 乞建勋

(华北电力大学 工商管理学院, 北京 102206)

**摘 要:** 本文研究了工程项目管理中搭接网络向双代号网络的转化问题。首先给出了不同搭接类型对应的双代号关系, 然后给出了搭接网络的标准形式, 据此提出搭接网络向双代号网络转化的步骤, 并运用一个应用实例加以说明。本文提出的搭接网络向双代号网络转化的方法丰富了搭接网络的内容, 拓宽了工程项目管理中实际问题的研究空间。

**关键词:** 项目管理; 搭接网络; 双代号网络

**中图分类号:** F224.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2009)10-0125-04

一般网络计划技术有单代号和双代号两种表示法。在国外的研究文献中, 搭接网络计划的模式大多数采用单代号表示法, 以节点描述活动, 用不同的箭号表示活动间的各种搭接或联系关系<sup>[1-4]</sup>。国内学者对搭接网络的研究较少, 主要研究内容集中在时间参数的计算上<sup>[5-8]</sup>。有些学者提出了单代号搭接网络向双代号网络转化的模型, 但转化后的双代号网络不能完全准确地体现各个工序的时间参数。

搭接网络与一般的 CPM(critical path method, CPM) 网络相比较, 增加了一般优先关系。在一般网络中, 两个工序之间是严格的 FS(finish-start) 关系, 即一个工序的前继工序全部结束之时, 该工序立刻开始。在搭接网络中, 一对工序中存在五种优先关系, 即 FS(finish-start) 关系、FF(finish-finish) 关系、SS(start-start) 关系、SF(start-finish) 关系和 SS 和 FF 混合搭接关系<sup>[9-10]</sup>, 所以一般网络是搭接网络的一种特殊形式, 搭接网络更具有普遍性、更符合实际。搭接关系的引入, 不仅是某些工序之间特殊关系表达的需要, 也是编制和控制复杂系统网络计划的需要。而项目调度中的各种问题大多是在双代号网络中进行研究, 所以将单代号表示的搭接网络转化成双代号网络具有很重要的现实意义。

## 1 搭接网络的转化

### 1.1 搭接网络的对应关系

#### 1) $SS_{ij}(x)$ 关系的处理。

当工序  $I$  和工序  $J$  之间存在开始-开始类型的搭接关系、且时距为  $x$  时, 建立对应 CPM 网络的对应关系如图 1 所示。

图 1 中:  $n$  为双代号网络的结束点;  $i$  和  $j$  分别为工序  $I$  和工序  $J$  的开始节点, 工序  $(i, j)$  是持续时间为  $x$  的时距工序; 虚箭线表示为虚工序, 仅用以表示工序间的逻辑关系, 其持续时间为 0。

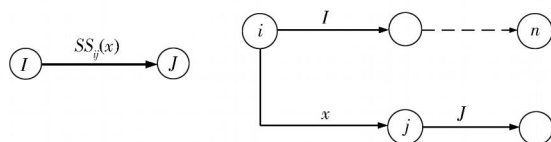


图 1 开始-开始类型的对应关系

#### 2) $SF_{ij}(x)$ 关系的处理。

当工序  $I$  和工序  $J$  之间存在开始-结束类型的搭接关系、且时距为  $x$  时, 建立对应 CPM 网络的对应关系如图 2 所示。

图 2 中: “1” 为双代号网络的开始点;  $n$  为双代号网络的结束点;  $i$  为工序  $I$  的开始节点,  $j$  为工序  $I$  的结束节点, 工序  $(i, j)$  是持续时间为  $x$  的时距工序。

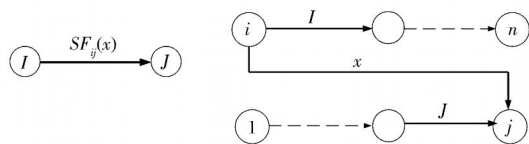


图 2 开始-结束类型的对应关系

#### 3) $FS_{ij}(x)$ 关系的处理。

当工序  $I$  和工序  $J$  之间存在结束-开始类型的搭接关系、且时距为  $x$  时, 建立对应 CPM 网络的对应关系如图 3 所示。

图 3 中:  $i$  为工序  $I$  的结束节点;  $j$  为工序  $J$  的

收稿日期: 2009-08-25

**作者简介:** 佟鹤晶 (1983—), 女, 吉林公主岭人, 华北电力大学工商管理学院管理科学与工程专业硕士研究生, 研究方向: 工程项目管理、网络计划优化; 乞建勋 (1946—), 男, 河北邢台人, 华北电力大学工商管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 优化理论与技术经济决策, 中国技术经济研究会会员登记号: I030100536S。

开始节点;工序  $(i, j)$  是持续时间为  $x$  的时距工序。

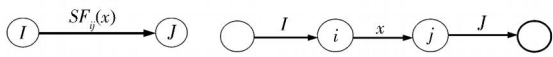


图 3 结束-开始类型的对应关系

4)  $FF_{ij}(x)$  关系的处理。

当工序  $I$  和工序  $J$  之间存在结束-结束类型的搭接关系、且时距为  $x$  时,建立对应 CPM 网络的对应关系如图 4 所示。

图 4 中:“1”为双代号网络的开始点; $i$  和  $j$  分别为工序  $I$  和工序  $J$  的结束节点,工序  $(i, j)$  是持续时间为  $x$  的时距工序。

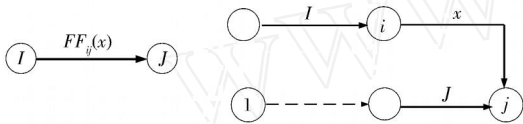


图 4 结束-结束类型的对应关系

5)  $SS_{ij}(x_1), FF_{ij}(x_2)$  关系的处理。

当工序  $I$  和工序  $J$  之间存在开始-开始类型和结束-结束类型的混合搭接关系、且时距分别为  $x_1$ 、 $x_2$  时,建立对应 CPM 网络的对应关系如图 5 所示。

图 5 中: $i_1$  和  $j_1$  分别为工序  $I$  和工序  $J$  的开始节点; $i_2$  和  $j_2$  分别为工序  $I$  和工序  $J$  的结束节点,工序  $(i_1, j_1)$  和  $(i_2, j_2)$  分别是持续时间为  $x_1$  和  $x_2$  的时距工序。

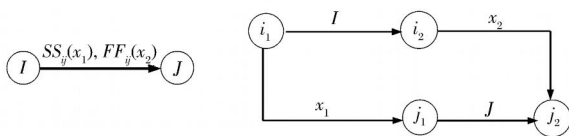


图 5 混合类型的对应关系

1.2 搭接网络的标准形式

搭接网络可以用一种标准形式表示,将其他类型的搭接关系都转化为开始-开始关系。其转化公式如下:

$$\begin{aligned} s_i + SS_{ij} \quad s_j &\Rightarrow s_i + l_{ij} \quad s_j with l_{ij} = SS_{ij}; \\ s_i + SF_{ij} \quad f_j &\Rightarrow s_i + l_{ij} \quad s_j with l_{ij} = SF_{ij} - d_j; \\ f_i + FS_{ij} \quad s_j &\Rightarrow s_i + l_{ij} \quad s_j with l_{ij} = d_i + FS_{ij}; \\ f_i + FF_{ij} \quad f_j &\Rightarrow s_i + l_{ij} \quad s_j with l_{ij} = d_i - d_j + FF_{ij}. \end{aligned}$$

其中,  $s_i$  表示工序  $i$  的开始时间;  $f_i$  表示工序  $i$  的结束时间;  $l_{ij}$  表示工序  $i$  和工序  $j$  的开始时间之间的时间间隔。如果存在不止一个的  $l_{ij}$ , 只保留其中的最大值。通过这种标准形式的转化,我们可以得到网络中工序的最早开始时间,这是我们将单代号搭接网络转化为双代号网络的重要一步。

2 搭接网络的转化步骤

在理论上,应用搭接网络的对应关系就能够得到相应的双代号网络。但在实际的操作中,将搭接网络转换成双代号网络后进行工序时间参数的计算,可以发现个别工序的时间参数并不能正确地反映该工序在搭接网络中应有的开始和结束时间。一个工序的最早开始时间并不只由与该工序的开始时间有关的搭接关系 ( $FS(x), SS(x)$ ) 决定,与结束时间有关的搭接关系 ( $FF(x), SF(x)$ ) 有时同样对该工序的最早开始时间具有决定作用。同时,与工序结束时间相关的搭接关系对它的最迟结束时间也起着决定的作用,所以可以将  $SF_{ij}$  关系通过公式  $s_i + SF_{ij} \quad f_j \Rightarrow f_i + l_{ij} \quad f_j with l_{ij} = SF_{ij} - d_i$  转化成  $FF_{ij}$  的搭接关系。

综上所述,得到单代号搭接网络转化为双代号网络的具体步骤如下:

步骤 1,根据工序之间的搭接关系和工序的工期画出网络计划的搭接网络图;

步骤 2,根据本文给出的式(1)将搭接网络中  $SF(x)$  和  $FF(x)$  的搭接关系转化为  $SS(x)$  关系类型,其中的  $FS(x)$  类型保持不变,因为  $FS(x)$  关系可以通过增加一个工期为  $x$  的时距工序很容易得到表达,画出单代号网络图;

步骤 3,根据步骤 2 的单代号网络图,结合搭接网络的对应关系,画出双代号网络,此时网络图中的工序的最早时间参数得到正确的表达;

步骤 4,将网络计划中的  $SF(x)$  搭接关系转化为  $FF(x)$ ,然后将  $FF(x)$  关系在步骤 3 中得到的双代号网络图中补充标示出来,就得到了原搭接网络相对应的双代号网络。

3 算例分析

下面,本文应用文献[4]中的例子进行具体分析。表 1 列出了该搭接网络计划的工序明细。

表 1 搭接网络计划的工序明细表

前导工序	工序	工序时间	搭接类型	时距
	A	10	FS	0
A	B	8	SS	3
A	C	20	FF	2
B	D	6	SF	5
A	E	12	FS	0
D	F	14	FS	0
E			SS	2
E			FF	5
C	G	2	SS	10
D			FS	4
F			SS	3

步骤 1:根据表 1 中所示工序的工期和搭接关系,可以得到该搭接网络计划的搭接网络图,见图 6。

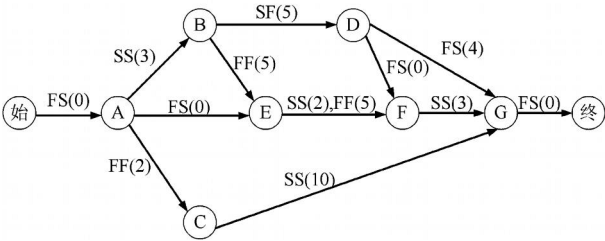


图 6 单代号表示的搭接网络图

步骤 2:将该网络计划的搭接网络中的各种关系应用公式转化成  $SS(x)$  类型,形成标准形式。在转化时,  $FS(x)$  关系类型不进行计算,因为结束-开始关系能够通过增加一个工期为  $x$  的时距工序很容易得到。结果见图 7。

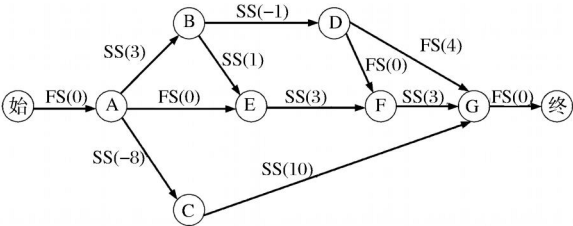


图 7 标准形式的搭接网络图

步骤 3:根据步骤 2 的网络图,可以得到一个双代号网络,见图 8。

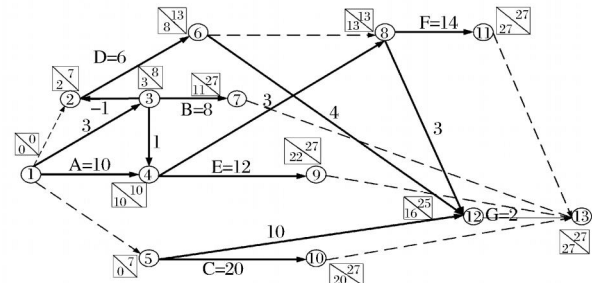


图 8 初步转化的双代号网络图

在图 8 中,可以看到各个工序的最早开始时间得到了正确表达。图 8 中的负值只需按照正数一样加减,它只是表示时距工序的工期,不影响时间参数的正确性。将搭接网络转化成标准形式,  $FF(x)$ 、 $SF(x)$  转化成  $SS(x)$ , 当两工序之间存在多个开始-开始时间间隔时,取最大值。这时,对工序最早开始时间的所有影响因素都用  $SS(x)$  表示出来,得到的最早开始时间就是正确的。

步骤 4:将搭接网络中的  $SF_{ij}$  关系通过公式  $s_i + SF_{ij} - f_j \Rightarrow f_i + l_{ij}$   $f_j with l_{ij} = SF_{ij} - d_i$ , 转化

成  $FF_{ij}$  的搭接关系,然后将所有的  $FF(x)$  在图 8 中标示出来。见图 9。此时,图 9 中的网络计划就实现了单代号搭接网络向双代号网络的转化。

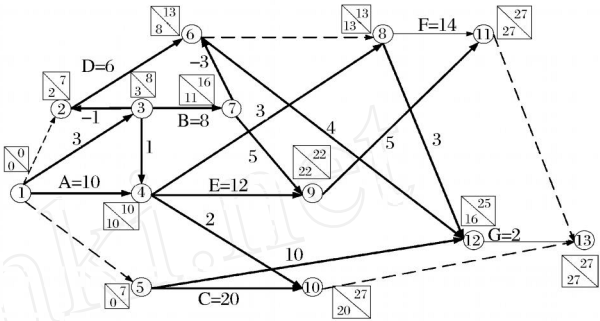


图 9 单代号搭接网络相对应的双代号网络

## 4 结语

本文首先介绍了搭接网络中五种搭接类型对应的双代号关系,然后给出了搭接网络的标准形式,最后通过具体分析给出转化步骤,并进行算例分析。仅通过搭接类型对应的双代号关系将单代号搭接网络转化后得到的双代号网络不能正确反映所有工序的时间参数。将  $FF(x)$  关系和  $SF(x)$  关系转换成  $SS(x)$  关系可以保证所有工序的最早时间参数正确。将  $SF(x)$  关系转换成  $FF(x)$  关系后,和原有的  $FF(x)$  关系一起标注在网络中,确保工序最迟时间参数正确,从而得到单代号搭接网络相对应的双代号网络。

## 参考文献

- [1] SAKELLAROPOULOS S, CHASSIAKOS A P. Project time-cost analysis under generalized precedence relations [J]. Engineering Software, 2004, (35): 715-724.
- [2] ELMAGHRABY S E. Activity nets: a guided tour through some recent developments[J]. European Journal of Operational Research, 1995, (82): 383-408.
- [3] ELMACHRABY S E, KAMBUROWSKI J. The analysis of activity networks under generalized precedence relations[J]. Management Science, 1992, 38(9): 1245-1263.
- [4] 魏杰,周远成,乞建勋. 网络计划优化与资源配置的智能交互模式与算法设计的研究[J]. 技术经济, 2006(2): 71-74.
- [5] 杨冰. 网络计划计算模型的统一[J]. 系统工程理论与实践, 2002(3): 51-55.
- [6] 杨冰. 搭接网络计划计算模型的改进[J]. 中国公路学报, 2002, 15(1): 116-122.
- [7] 杨冰. 搭接网络计划模型分析[J]. 北方交通大学学报, 2002, 26(5): 84-88.
- [8] 李全云. 搭接网络计划时间参数计算方法的改进[J]. 建筑科学, 2005, 21(2): 88-91.
- [9] 曾祥惠. 搭接网络计划的多目标多资源模糊优化的研究[D]. 新疆: 新疆农业大学水利与土木工程学院, 2007.

[10] 王卓甫. 工程进度风险计算研究[D]. 南京: 河海大学, 2002.

## Transforming Spliced Network to AoA Network

Tong Hejing, Qi Jianxun

(Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

**Abstract:** This paper studies the problem that how to transform a spliced network to an AoA network in engineering project management. Firstly, it gives the relations corresponding to different spliced relations, then gives the standard form of spliced network. Finally, it proposes the steps how to transform a spliced network to an AoA network, and uses an application example to illustrate these steps. The algorithm provided in this paper is helpful to enrich the theory of spliced network and broaden the research space of practical problems in project management.

**Key words:** project management; spliced network; AoA network

(上接第 101 页)

## Research on Evaluation of Tourism Resource Value and Tourism Industry Competence in Anhui

Jia Huimin

(School of Management, Anhui University of Technology, Ma'anshan Anhui 243002, China)

**Abstract:** Based on the fuzzy comprehensive evaluation model, and synthesizing the basic idea on fuzzy analysis, factor analysis and hierarchical analysis, this paper establishes a fuzzy comprehensive evaluation model with multi-factors and hierarchy. And through constructing the evaluation index systems on tourism resource value and tourism industry competitiveness, it applies this model to evaluate the tourism resource value and the tourism industry competitiveness of Anhui respectively. Finally, it studies the effects of tourism resource value on tourism industry competitiveness with the index of contribution rate.

**Key words:** tourism resource value; tourism industry competitiveness; fuzzy comprehensive evaluation; Anhui province

(上接第 124 页)

## Research on Multi-agent-based Fuzzy Task Allocation in Supply Chain under Risk Prevention

Chen Cheng<sup>1</sup>, Xue Hengxin<sup>1</sup>, Zhang Qingmin<sup>2</sup>

(1. School of Economics & Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. School of Management Science and Engineering, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** When the task is assigned to the supplier who can deal with risks strongly, the supply chain can prevent risks better as a whole. A layered distributed architecture with multi-agent system for supply chain is designed, and each task between core enterprise agent and supplier agent is allocated by means of tender. When more than one supplier bid for the same task, risks are evaluated by risk evaluation agent, and fuzzy reasoning is used to select the optimal supplier. Finally, an example is made to evaluate the feasibility of the proposed mechanism.

**Key words:** risk prevention; multi-agent system; fuzzy reasoning; task allocation