

## 工艺设备

## CPM 方法在子午胎胎面挤出联

## 动线研制中的应用

董 勇 张红武

(荣成市橡胶厂 264300)

在子午胎胎面挤出联动线的研制中应用 CPM 方法,通过对网络图的计算分析,合理平衡各种资源,不断完善网络计划,使工期缩短,成本降低,提高了经济效益。

CPM,为英文 Critical Path Method 的缩写,意为“关键路线法”。

荣成市橡胶厂是“七五”期间国务院、国家经委、化工部批准开发子午胎国产化项目的三个定点厂家之一,1991年下半年,初步形成了年产30万套子午胎的生产能力。但是,当时的胎面挤出是借用斜交胎胎面挤出联动线来完成的,既不能确保胎面的质量,又严重影响了斜交胎的正常生产。能否尽快建成子午胎胎面挤出线,已成为子午胎生产上规模、增效益的关键。对此,当时面临全套购买或自行研制两种选择。全套购买,需要投资70万~80万元,而且至少要半年时间才能投入生产。于是决定由子午胎设备组组织力量,研制子午胎胎面挤出联动线。

## 1 分析研究

子午胎胎面挤出联动线的研制,是一项复杂的工程,按传统方法很难保证工期(120天)。而 CPM 方法作为网络计划技术的一个组成部分,已被证明是一种效果显著的现代科学管理方法,其根本点是通过对网络图的计算分析,查明哪些工作有潜力可挖,利用时间差,合理平衡各种资源,不断完善网络计划,选择最优方案,最合理地使用人力、物力、财力,使工期最短,成本最低,以提高经济效益。

子午胎设备组成立以后,认真地学习、理解了这一方法,把胎面挤出联动线的研制看作一个统一的系统,全部研制内容划分为75道工序,理顺了每道工序间的逻辑关系,同时

确定出各工序所需要的时间。对于有些时间比较短的工序,为了使其关系明确,也作为一道工序。在此基础上制定了方案1(见图1)。

## 2 时间参数的计算

2.1 工序最早可能开工时间  $t_{es(i-j)}$ 

从设计项目的最初结点(网络图的最初结点)开始,根据每道工序的作业时间  $t_e(i-j)$  可逐次计算出每道工序的最早可能开工时间  $t_{es(i-j)}$ (见附表)。由此可以计算出胎面挤出联动线的研制工期为117天。

2.2 工序最迟必须开工时间  $t_{ls(i-j)}$ 

从最终结点开始,自右至左逆箭头方向逐个工序计算,它等于紧接在后工序的最迟必须开工时间减去本工序的作业时间(见附表)。

2.3 总时间差  $S_{(i-j)}$ 

某工序的总时间差  $S_{(i-j)}$  是该工序的最迟必须开工时间  $t_{ls(i-j)}$  与其最早可能开工时间  $t_{es(i-j)}$  之差(见附表)。

## 3 确定关键路线

将所有时差为零的工序连接起来,称之为关键路线。其它路线则为非关键路线。关键路线的确定为网络计划的优化奠定了基础。

## 4 网络计划的优化

所谓优化,就是根据预定的目标,在一定的约束条件下对初步方案进行评议和估价,按某一衡量指标寻求最优方案。



为零的工序非常多,说明这个网络计划的潜力很大,可以进一步进行优化。关键路线上的 T 工序(联动线速度确定)、U 工序(传送带的设计)、W 工序(传送带加工件图纸绘制)属设计人员的工作,我们分别利用  $D_1$  工序、 $C_1$  工序、 $F_2$  工序等较大的时差来加强这几道工序,以充分发挥现有设计力量。Y 工序(传送带加工件的制作)可由  $G_2$  工序的时间差来加强,Z 工序(传送带加工件的安装)可由 G 工

序、I 工序、 $I_2$  工序及  $H_2$  工序的时差来加强。另外,根据 H 工序的时差较大这一条件,可调整这一工序的作业时间,使该工序(喂料装置外协件的购买)的成本得以降低。

由于这种优化方法充分利用了原有的人力、物力,在没有增加一个人、一分钱的情况下将工期由 117 天缩短为 102 天(详见附表和图 2)。

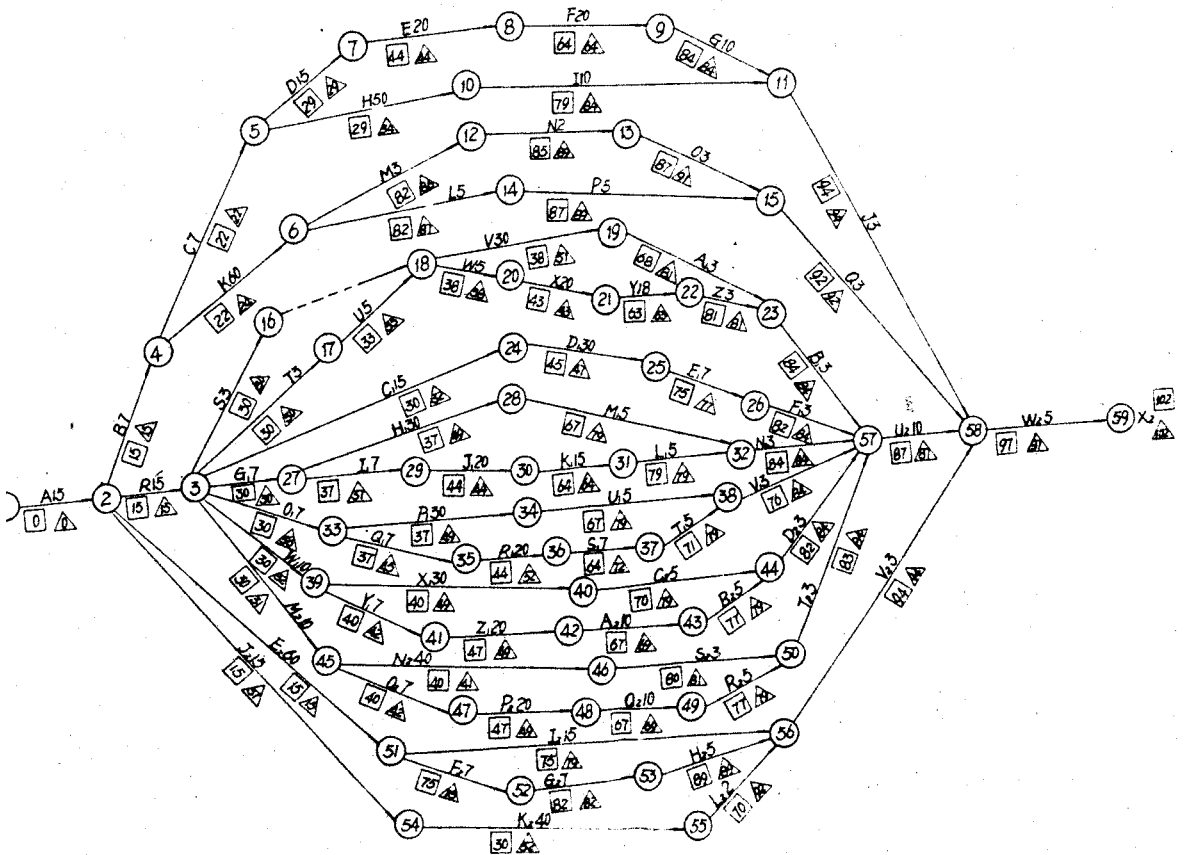


图 2 方案 2 网络计划图

□—每道工序最早开工时间  $t_{earliest}$ ; △—每道工序最迟开工时间  $t_{latest}$

### 5 方案的实施

优化后的方案在实施过程中得到子午胎技术组、电器组的响应。在设备组的统筹安排下,设计人员、外协人员、安装人员密切配合,相互协调,较好地完成了计划安排,得到厂领

导的好评。

### 6 技术经济分析

由于我们采用了 CPM 方法,使工期提前了 15 天,而且工程费用毫无增加,为我厂子午胎批量生产、占领市场提供了条件。应该指

出的是,此次研制的胎面挤出联动线可以满足年产子午胎 150 万套的需要,为我厂子午胎生产增加了后劲。

提前 15 天完工,按每天 800 套,每套胎平均售价 300 元,成本 280 元计算,则经济效益为:

$$(300-280) \times 800 \times 15 = 240000 (\text{元})$$

同时,我们自行设计制造的联动线成本约合人民币 20 万元,而整套购买需 70 余万元,这样节省投资 50 万元。两项合计,为企业

创造经济效益共计 74 万元。

## 7 体会和打算

在这次胎面挤出联动线的研制过程中,我们子午胎设备组向运用科学方法进行技术管理迈出了重要一步,取得了可观的经济效益,从而深深体会到只有引入科学的管理手段,才能真正提高我们的竞争能力和适应能力。以后我们在这方面还要不断探索,继续努力。

附: 胎面挤出联动线作业时差表

| No. | 工 序 名 称      | 序<br>号         | 工 序<br>代 号 | 最早开工时间       |      | 最迟开工时间       |      | 工序时间      |      | 时差      |      |
|-----|--------------|----------------|------------|--------------|------|--------------|------|-----------|------|---------|------|
|     |              |                |            | $t_{es}$ , 天 |      | $t_{ls}$ , 天 |      | $t_d$ , 天 |      | $S$ , 天 |      |
|     |              |                |            | 方案 1         | 方案 2 | 方案 1         | 方案 2 | 方案 1      | 方案 2 | 方案 1    | 方案 2 |
| 1   | 方案确定         | A              | 1—2        | 0            | 0    | 0            | 0    | 15        | 15   | 0       | 0    |
| 2   | 喂料系统的设计      | B              | 2—4        | 15           | 15   | 32           | 15   | 7         | 7    | 17      | 0    |
| 3   | 喂料传递装置设计     | C              | 4—5        | 22           | 22   | 48           | 22   | 7         | 7    | 26      | 0    |
| 4   | 喂料装置加工件图纸绘制  | D              | 5—7        | 29           | 29   | 55           | 29   | 7         | 15   | 26      | 0    |
| 5   | 喂料装置加工件材料选购  | E              | 7—8        | 36           | 44   | 62           | 44   | 20        | 20   | 26      | 0    |
| 6   | 喂料装置加工件的制作   | F              | 8—9        | 56           | 64   | 82           | 64   | 20        | 20   | 26      | 0    |
| 7   | 喂料装置加工件的安装   | G              | 9—11       | 76           | 84   | 102          | 84   | 7         | 10   | 26      | 0    |
| 8   | 喂料装置外协件的购买   | H              | 5—10       | 29           | 29   | 74           | 34   | 30        | 50   | 45      | 5    |
| 9   | 喂料装置外协件的安装   | I              | 10—11      | 59           | 79   | 104          | 84   | 5         | 10   | 45      | 5    |
| 10  | 喂料传递装置的调试    | J              | 11—58      | 83           | 94   | 109          | 94   | 3         | 3    | 26      | 0    |
| 11  | φ550A 炼胶机的订购 | K              | 4—6        | 22           | 22   | 39           | 24   | 60        | 60   | 17      | 2    |
| 12  | 炼胶机基础施工      | L              | 6—14       | 82           | 82   | 99           | 84   | 5         | 5    | 17      | 2    |
| 13  | 炼胶机管线的设计     | M              | 6—12       | 82           | 82   | 101          | 86   | 3         | 3    | 19      | 4    |
| 14  | 炼胶机管线的制作     | N              | 12—13      | 85           | 85   | 104          | 89   | 2         | 2    | 19      | 4    |
| 15  | 炼胶机管线的安装     | O              | 13—15      | 87           | 87   | 106          | 91   | 3         | 3    | 19      | 4    |
| 16  | 炼胶机的安装       | P              | 14—15      | 87           | 87   | 104          | 89   | 5         | 5    | 17      | 2    |
| 17  | 炼胶机的调试       | Q              | 15—58      | 92           | 92   | 109          | 94   | 3         | 3    | 17      | 2    |
| 18  | 胎面挤出联动线总体设计  | R              | 2—3        | 15           | 15   | 15           | 15   | 15        | 15   | 0       | 0    |
| 19  | 胎面挤出联动线宽度设计  | S              | 3—36       | 30           | 30   | 30           | 30   | 3         | 3    | 0       | 0    |
| 20  | 胎面挤出联动线速度的确定 | T              | 3—17       | 30           | 30   | 30           | 30   | 7         | 3    | 0       | 0    |
| 21  | 胎面挤出传送带的设计   | U              | 17—18      | 37           | 33   | 37           | 33   | 10        | 5    | 0       | 0    |
| 22  | 传送带外协件的购买    | V              | 18—19      | 47           | 38   | 66           | 51   | 30        | 30   | 19      | 13   |
| 23  | 传送带加工件图纸绘制   | W              | 18—20      | 47           | 38   | 47           | 38   | 7         | 5    | 0       | 0    |
| 24  | 传送带加工件材料的选购  | X              | 20—21      | 54           | 43   | 54           | 43   | 20        | 20   | 0       | 0    |
| 25  | 传送带加工件的制作    | Y              | 21—22      | 74           | 63   | 74           | 63   | 20        | 18   | 0       | 0    |
| 26  | 传送带加工件的安装    | Z              | 22—23      | 94           | 81   | 94           | 81   | 5         | 3    | 0       | 0    |
| 27  | 传送带外协件的安装    | A <sub>1</sub> | 19—23      | 77           | 68   | 96           | 81   | 3         | 3    | 19      | 13   |
| 28  | 胎面挤出传送带的调试   | B <sub>1</sub> | 23—57      | 99           | 84   | 99           | 84   | 3         | 3    | 0       | 0    |
| 29  | 胎面挤出自动秤的设计选型 | C <sub>1</sub> | 3—24       | 30           | 30   | 55           | 32   | 7         | 15   | 25      | 2    |
| 30  | 自动秤的购置       | D <sub>1</sub> | 24—25      | 37           | 45   | 62           | 47   | 30        | 30   | 25      | 2    |
| 31  | 自动秤的安装       | E <sub>1</sub> | 25—26      | 67           | 75   | 92           | 77   | 7         | 7    | 25      | 2    |
| 32  | 自动秤的调试       | F <sub>1</sub> | 26—57      | 74           | 82   | 99           | 84   | 3         | 3    | 25      | 2    |
| 33  | 胎面挤出水槽的设计    | G <sub>1</sub> | 3—27       | 30           | 30   | 45           | 30   | 7         | 7    | 15      | 0    |
| 34  | 水槽外协件的购买     | H <sub>1</sub> | 27—28      | 37           | 37   | 64           | 49   | 30        | 30   | 27      | 12   |

续表

| No. | 工 序 名 称     | 序<br>号         | 工 序<br>代 号 | 最早开工时间      |      | 最迟开工时间      |      | 工序时间     |      | 时差     |      |
|-----|-------------|----------------|------------|-------------|------|-------------|------|----------|------|--------|------|
|     |             |                |            | $t_{ea}$ ,天 |      | $t_{ls}$ ,天 |      | $t_c$ ,天 |      | $S$ ,天 |      |
|     |             |                |            | 方案 1        | 方案 2 | 方案 1        | 方案 2 | 方案 1     | 方案 2 | 方案 1   | 方案 2 |
| 35  | 水槽加工件图纸绘制   | I <sub>1</sub> | 27—29      | 37          | 37   | 52          | 37   | 7        | 7    | 15     | 0    |
| 36  | 水槽加工件材料选购   | J <sub>1</sub> | 29—30      | 44          | 44   | 59          | 44   | 20       | 20   | 15     | 0    |
| 37  | 水槽加工件的制作    | K <sub>1</sub> | 30—31      | 64          | 64   | 79          | 64   | 15       | 15   | 15     | 0    |
| 38  | 水槽加工件的安装    | L <sub>1</sub> | 31—32      | 79          | 79   | 94          | 79   | 5        | 5    | 15     | 0    |
| 39  | 水槽外协件的安装    | M <sub>1</sub> | 28—32      | 67          | 67   | 94          | 79   | 5        | 5    | 27     | 12   |
| 40  | 水槽的调试       | N <sub>1</sub> | 32—57      | 84          | 84   | 99          | 84   | 3        | 3    | 15     | 0    |
| 41  | 胎面挤出打号装置的设计 | O <sub>1</sub> | 3—33       | 30          | 30   | 53          | 38   | 7        | 7    | 23     | 8    |
| 42  | 打号装置外协件的购买  | P <sub>1</sub> | 33—34      | 37          | 37   | 64          | 49   | 30       | 30   | 27     | 12   |
| 43  | 打号装置加工件图纸绘制 | Q <sub>1</sub> | 33—35      | 37          | 37   | 60          | 45   | 7        | 7    | 23     | 8    |
| 44  | 打号装置加工件材料选购 | R <sub>1</sub> | 35—36      | 44          | 44   | 67          | 52   | 20       | 20   | 23     | 8    |
| 45  | 打号装置加工件的制作  | S <sub>1</sub> | 36—37      | 64          | 64   | 87          | 72   | 7        | 7    | 23     | 8    |
| 46  | 打号装置加工件的安装  | T <sub>1</sub> | 37—38      | 71          | 71   | 94          | 79   | 5        | 5    | 23     | 8    |
| 47  | 打号装置外协件的安装  | U <sub>1</sub> | 34—38      | 67          | 67   | 94          | 79   | 5        | 5    | 27     | 12   |
| 48  | 胎面挤出打号装置调试  | V <sub>1</sub> | 38—57      | 76          | 76   | 99          | 84   | 3        | 3    | 28     | 8    |
| 49  | 收缩辊的设计      | W <sub>1</sub> | 3—39       | 30          | 30   | 47          | 32   | 10       | 10   | 17     | 2    |
| 50  | 收缩辊外协件的购买   | X <sub>1</sub> | 39—40      | 40          | 40   | 64          | 49   | 30       | 30   | 24     | 9    |
| 51  | 收缩辊加工件图纸绘制  | Y <sub>1</sub> | 39—41      | 40          | 40   | 57          | 42   | 7        | 7    | 17     | 2    |
| 52  | 收缩辊加工件材料选购  | Z <sub>1</sub> | 41—42      | 47          | 47   | 64          | 49   | 20       | 20   | 17     | 2    |
| 53  | 收缩辊加工件制作    | A <sub>2</sub> | 42—43      | 67          | 67   | 84          | 69   | 10       | 10   | 17     | 2    |
| 54  | 收缩辊加工件安装    | B <sub>2</sub> | 43—44      | 77          | 77   | 84          | 79   | 5        | 5    | 17     | 2    |
| 55  | 收缩辊外协件安装    | C <sub>2</sub> | 40—44      | 70          | 70   | 94          | 79   | 5        | 5    | 24     | 9    |
| 56  | 收缩辊的调试      | D <sub>2</sub> | 44—57      | 82          | 82   | 99          | 84   | 3        | 3    | 17     | 2    |
| 57  | φ200 挤出机的订购 | E <sub>2</sub> | 2—51       | 15          | 15   | 41          | 15   | 60       | 60   | 26     | 0    |
| 58  | 挤出机管线设计     | F <sub>2</sub> | 51—52      | 75          | 75   | 101         | 75   | 3        | 7    | 26     | 0    |
| 59  | 挤出机管线制作     | G <sub>2</sub> | 52—53      | 78          | 75   | 104         | 79   | 2        | 15   | 26     | 4    |
| 60  | 挤出机管线安装     | H <sub>2</sub> | 53—56      | 80          | 89   | 106         | 89   | 3        | 5    | 26     | 0    |
| 61  | 挤出机的安装      | I <sub>2</sub> | 51—56      | 75          | 75   | 104         | 79   | 5        | 15   | 29     | 4    |
| 62  | 口型板的设计      | J <sub>2</sub> | 2—54       | 15          | 15   | 52          | 37   | 15       | 15   | 37     | 22   |
| 63  | 口型板的制作      | K <sub>2</sub> | 54—55      | 30          | 30   | 67          | 52   | 40       | 40   | 37     | 22   |
| 64  | 口型板的安装      | L <sub>2</sub> | 55—56      | 70          | 70   | 107         | 92   | 2        | 2    | 37     | 22   |
| 65  | 胎面挤出电器部分设计  | M <sub>2</sub> | 3—45       | 30          | 30   | 46          | 31   | 10       | 10   | 16     | 1    |
| 66  | 电器部分外协件购买   | N <sub>2</sub> | 45—46      | 40          | 40   | 56          | 41   | 40       | 40   | 16     | 1    |
| 67  | 电器部分加工件图纸绘制 | O <sub>2</sub> | 45—47      | 40          | 40   | 57          | 42   | 7        | 7    | 17     | 2    |
| 68  | 电器部分加工件材料选购 | P <sub>2</sub> | 47—48      | 47          | 47   | 64          | 49   | 20       | 20   | 17     | 2    |
| 69  | 电器部分加工件的制作  | Q <sub>2</sub> | 48—49      | 67          | 67   | 84          | 69   | 10       | 10   | 17     | 2    |
| 70  | 电器部分加工件的安装  | R <sub>2</sub> | 49—50      | 77          | 77   | 94          | 79   | 5        | 5    | 17     | 2    |
| 71  | 电器部分外协件安装   | S <sub>2</sub> | 46—50      | 80          | 80   | 96          | 81   | 3        | 3    | 16     | 1    |
| 72  | 电器部分的调试     | T <sub>2</sub> | 50—57      | 83          | 83   | 99          | 84   | 3        | 3    | 16     | 1    |
| 73  | 胎面挤出联动装置安装  | U <sub>2</sub> | 57—58      | 102         | 87   | 102         | 87   | 10       | 10   | 0      | 0    |
| 74  | 挤出机的调试      | V <sub>2</sub> | 56—58      | 80          | 94   | 109         | 94   | 3        | 3    | 29     | 0    |
| 75  | 胎面挤出联动线调试   | W <sub>2</sub> | 58—59      | 112         | 97   | 112         | 97   | 5        | 5    | 0      | 0    |
| 76  |             | X <sub>2</sub> |            | 117         | 102  | 117         | 102  |          |      |        |      |