

## 应用理论

## 应用价值工程原理减小压延胶厚度

王万初 刘晓波

(山东荣成国泰轮胎有限公司 264300)

**摘要** 运用价值工程理论及方法对轮胎进行功能评价后,确定在胎体布层和缓冲层进行改进,制订了“加大帘布压延张力、减小帘布覆胶厚度”的技术措施来实现胎体布层和缓冲层的减薄。试验结果表明,轮胎成品性能达到国家标准,9.00—20 14PR 轮胎每条成本降低 8.44 元,重量减轻了 0.35kg。实现了在功能无明显变化的情况下,成本下降,价值提高的目标。

**关键词** 价值工程原理,帘布胶

80 年代中期,化工部针对更加苛刻的使用条件,在轮胎行业实施推行斜交轮胎优质轻量化,着重在提高轮胎质量和轻量化方面做工作,以缩小与发达国家之间的差距。

我厂自 1984 年开始推行斜交轮胎优质轻量化工作,经过工程技术人员努力,取得了显著成效。9.00—20 14PR 轮胎的重量已由原来的 38.5kg 降至 36.5kg,达到日本普利司通公司斜交轮胎的水平。室内机床耐久性试验结果表明,77h 未损坏,达到 A 级产品标准,取得了显著的经济和社会效益。但是能否在推行优质轻量化方面再深化一步?即在保证产品质量达到国家标准前提下,使成品轮胎的重量轻于日本普利司通公司的产品。从 1992 年 5 月开始,我们决定运用价值工程原理,对斜交轮胎产品进行改进,并取得了成功。

## 1 功能分析与评价

### 1.1 功能定义

轮胎是汽车、拖拉机和工程车辆等的主要部件,其主要功能是支撑车辆重量和承载负荷,另外还可用于传递牵引力、转向力和制动力,吸收振动。

### 1.2 功能原理

轮胎支撑车辆重量和承载负荷的功能是通过轮胎主要部件功能(见表 1)的紧密结合而形成的。

### 1.3 功能评价

在对功能作出定性评价后,应用价值工程理论,将定性概念转化为定量数值。

#### 1.3.1 功能评价系数

根据 6 种主要部件的功能(表 1)进行评价,组织 5 位熟悉产品的工程技术人员,采用直接评分法,对各功能的重要程度进行打分,结果见表 2。

表 1 轮胎主要部件功能定义

| 序号 | 部件名称 | 主要材料                                 | 功能定义              |
|----|------|--------------------------------------|-------------------|
| A  | 胎面   | 生胶和炭黑                                | 接触路面、传递动力、保护胎体    |
| B  | 胎体布层 | V <sub>1</sub> 和 V <sub>2</sub> 尼龙帘布 | 承受内压负荷、保证强度       |
| C  | 缓冲层  | V <sub>3</sub> 尼龙帘布                  | 承受冲击的振动、吸收和分散剪切应力 |
| D  | 钢丝圈  | 19# 钢丝                               | 承受内外层拉伸应力         |
| E  | 内衬层胶 | 生胶和炭黑                                | 保护胎里帘布层           |
| F  | 隔离胶片 | 生胶和炭黑                                | 增加布层间粘合力          |

表 2 轮胎功能评价表

| 功能代号 | 评 价 者 |      |      |      |      | 总分   | 平均分  | 功能评价系数 |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|
|      | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    |      |      |        |
| A    | 550   | 583  | 544  | 599  | 544  | 2820 | 564  | 0.376  |
| B    | 649   | 640  | 648  | 633  | 670  | 3240 | 648  | 0.432  |
| C    | 84    | 63   | 75   | 95   | 73   | 390  | 78   | 0.052  |
| D    | 128   | 104  | 134  | 97   | 132  | 595  | 119  | 0.079  |
| E    | 65    | 72   | 50   | 49   | 54   | 290  | 58   | 0.039  |
| F    | 24    | 38   | 49   | 27   | 27   | 165  | 33   | 0.022  |
| 合计   | 1500  | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 7500 | 1500 | 1      |

1.3.2 成本系数

选择的 6 种主要功能,根据厂部审计处提供的相应部件成本,确定功能的成本系数(该成本价格为我厂 1993 年计划价格,与市场价格有差异,下同),代表规格为 9.00—20 14PR 8TN,结果见表 3。

表 3 成本系数评价表

| 序号 | 部件名称 | 功能成本,元 | 成本系数  |
|----|------|--------|-------|
| A  | 胎面   | 113.01 | 0.364 |
| B  | 胎体布层 | 150.48 | 0.484 |
| C  | 缓冲层  | 17.87  | 0.057 |
| D  | 钢丝圈  | 20.16  | 0.065 |
| E  | 内衬层胶 | 4.85   | 0.016 |
| F  | 隔离胶片 | 4.24   | 0.014 |
| 合计 |      | 310.61 | 1.000 |

1.3.3 价值系数

$f_i$  表示各功能的功能评价系数, $c_i$  表示成本系数,则价值系数  $v_i=f_i/c_i$  ( $i=1,2,3, \cdots \cdots 6$ ),结果见表 4。

表 4 价值系数评价表

| 功能代号 | 功能评价系数 $f_i$ | 成本系数 $c_i$ | 价值系数 $v_i$ |
|------|--------------|------------|------------|
| A    | 0.376        | 0.364      | 1.033      |
| B    | 0.432        | 0.484      | 0.892      |
| C    | 0.052        | 0.057      | 0.912      |
| D    | 0.079        | 0.065      | 1.21       |
| E    | 0.039        | 0.016      | 2.438      |
| F    | 0.022        | 0.014      | 1.571      |

1.3.4 各功能目标成本

目标成本分配见表 5。

表 5 目标成本分配表

| 功能代号 | 功能评价系数 $f_i$ | 现实成本<br>元 | 新现实成本 <sup>1)</sup><br>元 | 目标成本 <sup>2)</sup><br>元 | 成本降低期望值 <sup>3)</sup><br>元 |
|------|--------------|-----------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| A    | 0.376        | 113.01    | 116.79                   | 113.01                  | 0                          |
| B    | 0.432        | 150.48    | 134.18                   | 134.18                  | 16.30                      |
| C    | 0.052        | 17.87     | 16.15                    | 16.15                   | 1.72                       |
| D    | 0.079        | 20.16     | 24.54                    | 20.16                   | 0                          |
| E    | 0.039        | 4.85      | 12.11                    | 4.85                    | 0                          |
| F    | 0.022        | 4.24      | 6.83                     | 4.24                    | 0                          |
| 合计   | 1            | 310.61    | 310.61                   | 292.59                  | 18.02                      |

注:1)新现实成本= $f_i \sum$  现实成本;2)目标成本为现实成本和新现实成本中的低者;3)成本降低期望值=现实成本—目标成本。

## 2 新方案的制订

通过对上述功能的分析和评价,确定在“承受内压负荷保证强度”和“承受冲击的振动,吸收和分散剪切应力”这两项功能上下功夫,以胎体布层和缓冲层为主进行改进。

### 2.1 收集资料

目前世界上斜交轮胎的先进水平当属日本普利司通公司的产品。据国内资料介绍和我厂实际解剖结果表明,轮胎重量轻、胎体薄,但其实际使用和室内耐久性试验均能达到或超过我国现行标准规定,各部件能充分满足功能要求,且重量最轻和成本最低,也就是说功能和成本匹配最合理。

### 2.2 胎体布层和缓冲层减薄的可行性分析

胎体布层之间用薄胶隔开,以缓冲和承受帘布层间的剪切应力,因此压延厚度作为剪切应力的一个重要函数,剪切应力随着压延挂胶厚度( $t_0$ )与帘线粗度( $d$ )比值的增大而减小,橡胶层以其较大变形吸收胎体的剪切应力。从能量角度讲,这种能量吸收要转化成另一种形式的能——热能。挂胶厚度过大、胎体较厚,虽然缓解胶-线界面的剪切应力,但生热过高、散热性能差、滚动阻力增大;而挂胶厚度小、胎体减薄,胎体模量增大、生热低,散热性能亦有改善,但胶-线界面剪切应力增大,各有利弊。如果能以更高粘合力作为厚度减小的补偿,则胎体强度仍有保证。国外文献资料提出了最佳压延厚度的概念,认为压延厚度  $k = t_0/d = 1.35-1.70$  为最好(1.35 为  $V_1$  下限值,1.70 为  $V_2$  上限值),适合我国目前三级公路及其以上车速。如按  $k$  值计算,140tex/2 帘线最佳压延厚度为 0.88—1.103mm,187tex/2 帘线为 0.951—1.027mm。

我厂从 1984 年开始进行帘布厚度减小试验的研究工作,并取得了成功。帘布压延厚度由原来的 1.12mm 减小至 1.05mm,工艺和生产情况良好。我们运用价值工程理论,对十几个代表规格的轮胎进行了功能分析,结

果都表明,胎体布层和缓冲层的价值系数  $v_i < 1$ ,为成本过高区,说明胎体和缓冲布层的减薄理论是可行的。

### 2.3 新方案制订

通过理论计算和上述分析,我们制订了采用新调试好的美国 S 型两用四辊压延机“加大帘布压延张力、减小帘布覆胶厚度”的技术措施来实现胎体布层的减薄(见表 6)。

表 6 压延改进前后厚度和总张力对比表

| 帘线规格             | 改 进 前 |       | 改 进 后 |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 厚度,mm | 张力,kN | 厚度,mm | 张力,kN |
| NV <sub>1</sub>  | 1.05  | 3     | 0.98  | 10.5  |
| NV <sub>2</sub>  | 1.05  | 3     | 0.98  | 7.8   |
| NV <sub>3</sub>  | 1.40  | 3     | 1.30  | 5.5   |
| CNV <sub>1</sub> | 1.15  | 3     | 1.10  | 13    |
| CNV <sub>2</sub> | 1.15  | 3     | 1.10  | 10    |
| TNV <sub>1</sub> | 1.20  | 3     | 1.15  | 14    |
| TNV <sub>2</sub> | 1.20  | 3     | 1.15  | 11.5  |
| XV <sub>1</sub>  | 0.95  | 3     | 0.83  | 8.5   |
| XNV <sub>2</sub> | 0.95  | 3     | 0.83  | 6.5   |
| XNV <sub>3</sub> | 1.25  | 3     | 1.10  | 4     |

## 3 方案实施质量效果

### 3.1 质量效果

#### 3.1.1 工艺质量效果

改进前,由于压延张力小,出现了帘布边部松紧不一、出兜、平整性差、边部压坏、边密不均等质量问题,造成了极大浪费。加大张力和减小厚度后,帘布平整性大大改善,在某种程度上避免了边松、边紧和出兜问题,提高了压延胶布质量,减少了损耗。

#### 3.1.2 成品轮胎质量效果

使用经过加大帘布张力和减小压延厚度的胶帘布进行小批量试制,1993 年 1 月投入批量生产。通过实际装车试验、室内成品试验和解剖各项物理性能试验,结果表明均达到或超过国家标准,断面分析达到设计要求。实

现了在功能无明显变化的情况下,成本下降、 价值提高的目的(见表 7)。

表 7 成品轮胎改进前后性能对比

| 项 目         | 轮 胎 规 格      |             |             |
|-------------|--------------|-------------|-------------|
|             | 9.00—20 14PR | 6.50—16 8PR | 6.70—13 6PR |
| 外缘尺寸,mm     |              |             |             |
| 断面宽         |              |             |             |
| 国标          | 259±3%       | 185±3%      | 170±3%      |
| 改进前         | 255.6        | 183.5       | 168.1       |
| 改进后         | 254.8        | 182.0       | 166.5       |
| 外直径         |              |             |             |
| 国标          | 1018±1%      | 750±1.2%    | 658±1%      |
| 改进前         | 1015.7       | 749.5       | 657.9       |
| 改进后         | 1015.1       | 748         | 656.8       |
| 耐久性试验,h 未损坏 |              |             |             |
| 国标          | 47           | 47          | 34          |
| 改进前         | 77           | 77          | 100         |
| 改进后         | 77           | 77          | 100         |
| 强度试验,N·m    |              |             |             |
| 国标          | 2283         | 515         | 440         |
| 改进前         | 2450         | 570         | 470         |
| 改进后         | 2456         | 600         | 510         |
| 水压爆破安全倍数    |              |             |             |
| 国标          | 5            | 5           | 7           |
| 改进前         | 6.5          | 6.7         | 8.6         |
| 改进后         | 6.8          | 6.5         | 8.6         |

3.2 成本效益效果

911.5 万元,效益显著。

3.2.1 增加帘布使用面积 降低胶料消耗

表 8 示出了压延前后帘布幅宽、面积和单位面积覆胶量的变化情况。

3.2.2 产品成本效果

表 9 示出了规格为 9.00—20 14PR 轮胎各部件改进前后重量和成本的变化情况。

3.2.3 工厂效益

从 1993 年 1 月开始实施加大帘布压延张力和减薄压延厚度以来,按现行产量每月 9 万标套,每条降低成本 8.44 元计算,每月可直接为企业增益 75.96 万元,全年累计

4 巩固措施

运用价值工程原理实现“加大压延张力和减薄厚度”的措施在技术方面是有一定风险的,它要求有严格的工艺管理和具备一定的条件。为使这一技改项目顺利实施,我们确定了如下巩固措施:

(1)对两用四辊压延机本身不完善的部件进行改进和调试,如自动测厚装置和电子计算机应用调试、扩布辊改革制作等。

(2)完善车间工艺管理,特别是压延工

表 8 改进前后帘布幅宽面积和单位面积覆胶量变化

| 项 目                                     | 帘 线 规 格         |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                         | NV <sub>1</sub> | NV <sub>2</sub> | NV <sub>3</sub> | CN <sub>1</sub> | CN <sub>2</sub> | TN <sub>1</sub> | TN <sub>2</sub> |
| 压延前幅宽,m                                 | 1.450           | 1.450           | 1.450           | 1.450           | 1.450           | 1.450           | 1.450           |
| 压延后幅宽,m                                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 改进前                                     | 1.460           | 1.470           | 1.453           | 1.465           | 1.463           | 1.469           | 1.467           |
| 改进后                                     | 1.471           | 1.478           | 1.458           | 1.473           | 1.470           | 1.477           | 1.473           |
| 变化                                      | +0.011          | +0.008          | +0.005          | +0.008          | +0.007          | +0.008          | +0.006          |
| 压延前帘布面积,m <sup>2</sup> ·匹 <sup>-1</sup> | 261             | 261             | 261             | 261             | 261             | 261             | 261             |
| 压延后帘布面积,m <sup>2</sup> ·匹 <sup>-1</sup> |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 改进前                                     | 274.48          | 273.43          | 267.35          | 276.88          | 273.58          | 277.64          | 276.92          |
| 改进后                                     | 278.96          | 277.86          | 271.19          | 282.82          | 279.3           | 285.06          | 282.17          |
| 变 化                                     | +4.48           | +4.43           | +3.84           | +5.94           | +5.72           | +7.42           | +5.25           |
| 覆胶量,kg·m <sup>-2</sup>                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 改进前                                     | 0.749           | 0.845           | 1.306           | 0.800           | 0.960           | 0.796           | 0.885           |
| 改进后                                     | 0.742           | 0.840           | 1.300           | 0.795           | 0.890           | 0.785           | 0.870           |
| 变化                                      | -0.007          | -0.005          | -0.006          | -0.005          | -0.070          | -0.011          | -0.015          |

表 9 9.00—20 14PR 轮胎各部件改进前后材料成本对比表

| 部件名称                | 改 进 前   |        | 改 进 后   |        |
|---------------------|---------|--------|---------|--------|
|                     | 重量,kg   | 成本,元   | 重量,kg   | 成本,元   |
| 胎面                  | 16.7900 | 119.21 | 16.7900 | 119.21 |
| V <sub>1</sub> 胶    | 4.9501  | 39.60  | 4.8817  | 39.05  |
| V <sub>2</sub> 胶    | 2.8148  | 22.52  | 2.7710  | 22.17  |
| V <sub>3</sub> 胶    | 1.3919  | 11.41  | 1.3875  | 11.38  |
| 钢丝圈                 | 4.0485  | 8.86   | 4.0395  | 8.77   |
| TNV <sub>1</sub> 帘线 | 2.3942  | 81.40  | 2.3009  | 78.23  |
| TNV <sub>2</sub> 帘线 | 1.0228  | 34.77  | 0.9059  | 30.80  |
| TNV <sub>3</sub> 帘线 | 0.1328  | 4.52   | 0.1272  | 4.32   |
| 尼龙胶布                | 0.3301  | 4.35   | 0.3231  | 4.27   |
| 内衬层胶                | 0.8390  | 4.20   | 0.8390  | 4.20   |
| 合 计                 | 34.7142 | 330.84 | 34.3656 | 322.40 |

序、成型和硫化工序的工艺管理。

(3)调整帘布胶料配方,提高胶料附着力和粘合力,作为帘布厚度减薄补偿。

缓冲层进行改进,通过加大帘布张力、减薄压延附胶厚度的技术措施,达到功能和成本最佳匹配、价值提高的目的,最终实现提高企业经济效益的目标。

5 结论

应用价值工程原理,主要对胎体布层和

收稿日期 1995-10-04