

高层级轮胎各层帘布裁断角度的计算方法

关伟平

(化工部桂林曙光橡胶工业研究设计院 541004)

摘要 提出一种新的确定高层级轮胎内外各层帘布裁断角度的方法。根据各层帘布在成品胎内部的材料分布图和在成型机头上的材料分布图,计算该层所在的机头宽度,比较计算的机头宽度和实际的机头宽度,通过调整帘布裁断角度使两者近似相等。以此确定各层帘布的裁断角度,达到内外层帘线均匀伸张的目的。

关键词 轮胎,结构设计,帘布,裁断角度

众所周知,对于高层级轮胎而言,由于胎体帘布层数多,胎体厚,其内外各层帘布材料无论是在成品中,还是在成型机头上,分布状况都有很大差异。以帘布在成型机头上的分布为例,随着成型过程中各层帘布不断叠加到机头上,胎坯内外层的弧长差不断增大,外层弧长总是大于内层弧长。当胎坯上内外帘布层的弧长差大于轮胎成品上内外帘布层的弧长差时,就会造成轮胎内外层帘线伸张不均匀,产生内紧外松的现象,严重时会出现外层帘线打弯的情况,影响到轮胎的使用性能。曾有文章^[1]论述过高层级轮胎产生内外层帘线伸张不均匀的原因和采取的对应措施。消除帘线伸张不均匀的措施很多,其中有采用不同帘布裁断角或采用不同的帘布筒到机头伸张值等方法,前者需要确定正弦公式的系数 K ,然后求解迭代方程。本文提出一种根据内外各层帘布在成品轮胎和成型机头上的分布情况,通过测量和计算,确定高层级轮胎内外各层帘布裁断角度的方法。

1 确定内外层帘布裁断角度的原理和方法

高层级轮胎内外各层帘布在成品内部与

在成型机头上的分布状况不同,差异很大。事实表明,成品轮胎内和成型机头上的帘线长度与成型机头宽度有对应关系,同时,帘线长度与裁断角度有关。根据对应关系,按内外层帘布在成品胎内部和在成型机头上的材料分布图,分别测量和计算内外各层所在机头宽度,然后比较计算的机头宽度和实际的机头宽度,通过调整帘布裁断角度使两者相等或近似相等,从而确定合适的内外各层帘布裁断角度。具体步骤如下。

1.1 计算成型机头宽度

根据选定的设计参数(包括帘线的假定伸张值、帘布总伸张值、第一层帘布裁断角度等)以及成品内轮廓和选定的成型机头曲线,按以下公式^[2]计算出成型机头宽度。

$$B_s = \frac{2l}{1} \cos \alpha_i - 2(l \cos \alpha_i - h) \quad (1)$$

$$l = S \cdot K_i \quad (2)$$

$$l = S \cdot K_i \quad (3)$$

$$K_i = \frac{1}{\cos \alpha_i} \quad (4)$$

$$K_i = \frac{1}{\cos \alpha_i} \quad (5)$$

$$\sin \alpha_i = \frac{D_i}{D_k} \sin \alpha_k \quad (6)$$

$$\sin \alpha_i = \frac{D_i}{D} \sin \alpha \quad (7)$$

作者简介 关伟平,男,高级工程师。1982年毕业于华南工学院有机高分子材料科学与工程系,现任化工部曙光橡胶工业研究设计院第一研究室主任。先后参加了国家“八五”攻关项目《十号工程轮胎研制》、部级研究项目《大型航空轮胎国产化》等,主持的运12型飞机主轮715×240-305无内胎轮胎研制项目获化工部科技进步三等奖。

$$k = \sin^{-1} \frac{\sin \alpha_0}{1} \quad (8)$$

$$= \sin^{-1} (c \sin \alpha_0) \quad (9)$$

式中 B_s ——成型机头宽度, mm;
 l ——胎冠中心至钢丝圈底部帘线长度, mm;
 l ——成型机头曲线部分帘线长度, mm;
 l_1 ——帘线假定伸张值;
 α ——成型机头上半成品胎的帘线角度, (°);
 h ——成型机头肩部宽度, mm;
 S ——胎里每等分段的长度, mm;
 S ——机头曲线部分每等分段的长度, mm;
 K_i ——胎里每等分段帘线长度, mm;
 K_i ——机头曲线部分每等分段帘线长度, mm;
 k ——外胎胎冠帘线角度, (°);
 i ——胎里每等分段中心处帘线角度, (°);
 i ——机头曲线每等分段中心处帘线角度, (°);
 D_k ——外胎胎里直径, mm;
 D_i ——胎里每等分段中心直径, mm;
 D_i ——机头曲线部分每等分段中心直径, mm;
 D ——成型机头直径, mm;
 c ——帘布总伸张值;
 c ——帘布筒到机头伸张值;
 α_0 ——帘布裁断角度, (°)。

1.2 移绘

将成品胎材料分布图上各层帘布和材料逐层移绘到已确定宽度的成型机头上。

1.3 将成型机头宽度计算值与实际值比较, 确定帘布裁断角度

以各层帘布在成品胎材料分布图上所在的分布位置作为成品内轮廓, 在成型机头的材料分布图上所在层的分布位置曲线作为实

际机头曲线。以叠加材料后的成型机头直径作为实际机头直径, 以其宽度作为实际机头宽度。预定一个裁断角度 α_0 , 按公式(1)~(9)计算出一个成型机头宽度, 然后与该层所在位置的实际机头宽度作比较。若计算得到的机头宽度等于或近似等于实际机头宽度, 表明该层按预定的帘布裁断角度裁断时, 成品胎中和实际机头上的帘线长度符合应有的对应关系, 所选的帘布裁断角度是合适的, 该层帘布符合伸张均匀要求。若计算得到的机头宽度小于该层所在位置的实际机头宽度, 则表明该层按预定的帘布裁断角度裁断时, 成品胎中和实际机头上的帘线长度不符合应有的对应关系, 前者的帘线长度短而后者的帘线长度长, 成品胎上该层帘布可能会出现偏松或打弯现象; 反之, 若计算得到的机头宽度大于该层所在位置的实际机头宽度, 成品胎上该层帘布可能出现偏紧或帘线上抽的现象。若出现上述两种情况, 则需重新调整该层的帘布裁断角度。前者可适当调大该层的帘布裁断角度, 后者可适当调小该层的帘布裁断角度, 直至计算得到的机头宽度与该层所在位置的实际机头宽度相等或近似相等为止。

每层帘布都采用不同的裁断角度从理论上讲是合理的, 但会造成生产工艺复杂, 操作麻烦, 而且从整体精度上考虑也没有必要。一般若干个布筒采用一个裁断角度, 在生产工艺上是可行的, 整体精度也可以接受。

2 算例

某规格高层级航空轮胎有 20 层尼龙 66 帘布(包括增强层), 有 3 个钢丝圈。现根据上述方法计算 3 个反包钢丝圈的帘布筒和 1 个正包钢丝圈的帘布筒的裁断角度。

2.1 按公式(1)~(9)计算成型机头宽度

已知帘线假定伸张值 $l_1 = 1.02$, 帘布总伸张值 $c = 1.385$, 布筒到机头伸张值 $c = 1.038$, 第一层帘布裁断角度 $\alpha_0 = 37.5^\circ$, 外

胎里直径 $D_k = 1014\text{mm}$, 成型机头直径 $D = 760\text{mm}$, 成型机头肩部宽度 $h = 60\text{mm}$ 。

在轮胎成品材料分布图(内轮廓)和成型机头曲线上分段测算出 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 47)$ 和 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 17)$ 等数据, 计算得出

$$\begin{aligned} l &= S - K_i = 670.166\text{mm} \\ l &= S - K_i = 203.256\text{mm} \\ &= \sin^{-1}(\sin \alpha_0) = 39.2^\circ \end{aligned}$$

则成型机头宽度

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{2l}{1} \cos \alpha_0 - 2(l \cos \alpha_0 - h) \\ &= 824\text{mm} \end{aligned}$$

2.2 移绘

将成品材料分布图上各层帘布和材料移绘到宽度为 824mm 的成型机头上。

2.3 将成型机头宽度计算值与实际值比较, 确定帘布裁断角度

以预定层帘布在成品胎材料分布图上的分布位置作为成品内轮廓, 在成型机头的材料分布图上的分布位置曲线作为实际机头曲线。叠加了材料后的成型机头, 其直径作为实际机头直径, 其宽度作为实际机头宽度。预定一个帘布裁断角度 α_0 , 按公式(1)~(9)计算出该层成型机头宽度, 并与实际机头宽度作比较。

(1) 以第9层帘布为计算对象

第9层帘布为包过第2个钢丝圈的帘布, 已知该层帘布所在机头直径 $D = 777\text{mm}$, 所在胎里直径 $D_k = 1033\text{mm}$, 机头肩部宽度 $h = 73.9\text{mm}$, 实际机头宽度 $B_s = 851.8\text{mm}$, 预定该层帘布裁断角度 $\alpha_0 = 39^\circ$ 。

在轮胎成品材料分布图和实际成型机头曲线(第9层)上分段测算出 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 46)$ 和 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 19)$ 等数据, 计算得出

$$\begin{aligned} l &= S - K_i = 702.52\text{mm} \\ l &= S - K_i = 223.89\text{mm} \\ &= \sin^{-1}(\sin \alpha_0) = 40.8^\circ \end{aligned}$$

则计算的成型机头宽度

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{2l}{1} \cos \alpha_0 - 2(l \cos \alpha_0 - h) \\ &= 851.6\text{mm} \end{aligned}$$

$$B_s = B_s$$

因此, 此层帘布裁断角度取 39° 是适宜的。

(2) 以第13层帘布为计算对象

第13层帘布为包过第3个钢丝圈的帘布, 已知该层帘布所在机头直径 $D = 783.5\text{mm}$, 所在胎里直径 $D_k = 1040.5\text{mm}$, 机头肩部宽度 $h = 80.7\text{mm}$, 实际机头宽度 $B_s = 865.4\text{mm}$, 预定该层帘布裁断角度 $\alpha_0 = 40^\circ$ 。

在轮胎成品材料分布图和实际成型机头曲线(第13层)上分段测算出 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 45)$ 和 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 19)$ 等数据, 计算得出

$$\begin{aligned} l &= S - K_i = 718.37\text{mm} \\ l &= S - K_i = 233.56\text{mm} \\ &= \sin^{-1}(\sin \alpha_0) = 41.9^\circ \end{aligned}$$

则计算的成型机头宽度

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{2l}{1} \cos \alpha_0 - 2(l \cos \alpha_0 - h) \\ &= 862.1\text{mm} \end{aligned}$$

$$B_s = B_s$$

因此, 此层帘布裁断角度取 40° 是适宜的。

(3) 以第17层帘布为计算对象

第17层帘布为正包钢丝圈的帘布, 已知该层帘布所在机头直径 $D = 790.1\text{mm}$, 所在胎里直径 $D_k = 1048\text{mm}$, 机头肩部宽度 $h = 89.2\text{mm}$, 实际机头宽度 $B_s = 882.4\text{mm}$, 预定该层帘布裁断角度 $\alpha_0 = 41^\circ$ 。

在轮胎成品材料分布图和实际成型机头曲线(第17层)上分段测算出 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 45)$ 和 $S, D_i, K_i (i = 1, 2, \dots, 20)$ 等数据, 计算得出

$$l = S - K_i = 746.95\text{mm}$$

$$l = S \quad K_i = 251.94\text{mm}$$
$$= \sin^{-1}(\sin \alpha_0) = 42.9^\circ$$

则计算的成型机头宽度

$$B_s = \frac{2l}{1} \cos \alpha - 2(l \cos \alpha - h)$$
$$= 882.2\text{mm}$$

$$B_s \quad B_s$$

因此 ,此层帘布裁断角度取 41 °是适宜的。

若第 17 层取与第 1 层相同的裁断角度 $\alpha_0 = 37.5^\circ$,则计算得机头宽度 $B_s = 799.5\text{mm}$,远小于实际机头宽度 ,显然第 17 层的裁断角度取 37.5 °是不适宜的 ,会造成该层帘布过松。

综合上述计算结果 ,确定的各层帘布裁断角度以及算得的成品胎冠各层帘线角度如下 :

| 层次 | 帘布裁断角度 | 成品胎冠帘线角度 |
|---------|--------|----------|
| 1 ~ 8 | 37.5 ° | 55.8 ° |
| 9 ~ 12 | 39 ° | 58.7 ° |
| 13 ~ 16 | 40 ° | 60.8 ° |
| 17 ~ 20 | 41 ° | 63.0 ° |

从本例的计算结果可以看到一个有趣的现象 :各层帘布的裁断角度和成品胎冠帘线角度从里向外是逐步递增的。

上述计算过程若在微机上进行 ,可很快得到最终结果。

3 结论

(1) 高层级轮胎由于帘布层数多、胎体厚 ,内外各层帘布在成品胎和成型机头上的分布弧长有很大的差异。常规的施工设计方法不能消除由于轮胎内外层帘布在硫化 and 充气使用时松紧不一致、伸张不均匀而引起的帘线打弯、上抽和脱层等毛病。通过采取内外层用不同的帘布裁断角度的方法 ,可消除高层级轮胎内外层伸张不均匀的现象。

(2) 根据各层帘布在成品胎内部的材料分布图和在成型机头上的材料分布图的参数 ,预定各层的裁断角度 ,计算出该层所需的机头宽度 ,然后与该层所处位置的机头宽度比较。通过调整帘布裁断角度 ,使计算的机头宽度与叠加了材料后的实际机头宽度相等或近似相等 ,从而确定合适的各层帘布裁断角度。

(3) 为简化工艺 ,一般可以若干个布筒采用一个裁断角度 ,从整体精度上考虑是可以满足要求的。

参考文献

1 魏翊德 . 轮胎内外层帘线均匀伸张设计 . 轮胎研究与开发 ,1989 ;(2) :1

2 《橡胶工业手册》编写小组 . 橡胶工业手册第四分册 . 修订版 ,北京 :化学工业出版社 ,1989 :68 ~ 69

收稿日期 1996-11-12

Calculation of Cutting Angle for Different Cord Plies in Multiply Tire

Guan Weiping

(Guilin Shuguang Research and Design Institute of Rubber Industry 541004)

Abstract A new method for determing the cuttings angles of different cord plies in multiply tire has been developed. The width of the building drum is calculated based on the material distribution of different cord plies both in the finished tire and on the building drum. The calculated drum width is compared with the practical one , and the cutting angle is adjusted to make the two widths nearly equal. Thus the cutting angles of different cord plies are determined and a uniform tension of the cords in both the outer plies and the inner plies is obtained.

Key words tire , structure design , cord ply , cutting angle