

轮胎制造过程中的一些模糊参数

尹海山 李红梅 卢建航 胡立平

(桦林集团有限责任公司 157032)

摘要 指出在传统轮胎设计制造过程中的一些工艺参数的控制过于粗糙,存在较大偏差。以套筒成型时各层帘布筒长度的确定和轮胎胎体帘布压缩率的确定为例,具体分析了偏差产生的原因,并就压缩率给出了定量的解析计算方法。

关键词 轮胎,帘布层,级差,压缩率

民谚曰:“长木匠,短铁匠,不长不短胶皮匠”。这句话道出了传统橡胶制品加工工艺的粗糙与随意,即偏差宽容度较大的特点。但是随着橡胶技术的发展,这种观念已经过时,尤其是在轮胎加工制造过程中,只有屏弃这种陋习,才能使轮胎不断满足越来越高的性能要求和适应更加苛刻的使用条件。

斜交轮胎目前乃至未来相当长一段时期内仍将是我国轮胎行业的主流产品,因此笔者在此仅从斜交轮胎工艺设计中举两个例子,对制造过程中的一些模糊参数略加剖析,与同行们共研。

1 帘布筒各层长度的确定

1.1 传统做法

载重斜交轮胎一般采用套筒式成型,每个帘布筒由2~4层帘布组成,帘布筒采用贴合法制作。设每层帘布厚度为 d ,并将帘布筒看作刚性筒状物,按传统设计方法计算,相邻两层帘布筒周长差为

$$\Delta L = 2\pi d \quad (1)$$

以9.00-20 16PR轮胎为例,若帘布厚度 d 为1.15 mm,则相邻两层帘布筒周长差应为 $\Delta L = 2\pi \times 1.15 = 7.22$ mm。于是按行业习惯取整数部分7 mm即可作为工艺标准。以此推论,若帘布筒共含有同厚度的帘布3或4层,则最内层与最外层帘布筒的周长差可达14或21 mm。

而在实际生产工艺中,此时往往将相邻胶

帘布筒的周长差定为5 mm。何以如此呢?解释是柔软而富有弹性的帘布受工艺操作因素影响很大,无法精确定长,而且觉得以此计算消耗量,与定额出入并不大,甚至误差更小些。这样无形中又将凑整数(以mm为单位)的原则换成了凑五与凑十。将这种精度与机械加工行业一般以“道”(0.01 mm)为单位衡量加工精度或设定公差相比,相差之巨实在令人惊叹。

1.2 简单分析

尽管帘布的属性确实使其长度受操作因素影响变化较大,但事实上仍可对其用料长度(周长)进行较准确的标定,至少精确到1 mm应无问题。具体分析如下。

帘布筒贴合过程如图1所示。

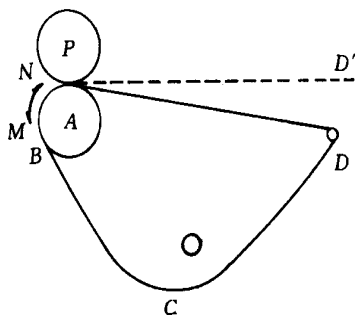


图1 帘布筒贴合成型示意图

帘布筒绕ABCD转1周,定长压线贴合成第1层(帘布筒最内层)帘布筒;然后由右端供布架取出帘布端头,首先在AD间平坦段对正贴合,然后P辊落下,A辊逆时针旋转带动第1层帘布筒及第2层帘布转动,通过A辊与P辊缝时第1层帘布筒与第2层帘布被加力压实并挤出层间气泡,两层帘布沿DABCD方向运动1周后压线贴合接头,再令接头部位通过辊缝压实即完成第2层帘布

作者简介 尹海山,男,1966年出生。工程师。1989年毕业于黑龙江大学计算数学及应用软件专业。主要从事CAD技术的研究开发工作。已发表论文2篇。

筒的贴合。以后逐层的贴合操作与此相似。

显而易见,由于AD间的平直段已进行了预贴合,再考虑到胶帘布的粘滞性与柔韧性,此部分将很难发生层间滑移,因此在进入辊缝前,外层帘布将不是无伸长地绕敷于内层帘布之上。如果在AD平直段上贴合时内、外层帘布具有相同的伸长率,则最终胶帘布筒的各胶帘布层也将具有相同的用料长度。正如一个被卷成筒状的由多层帘布复合而成的平直板,尽管其内外各层拥有不同的周长,但对应的各层胶帘布的原始用料长度却是完全相同的。

考虑另一种极端情况,即在AD间平直段内、外两层胶帘布间无丝毫粘合,层间滑移可任意发生,而P辊在A辊上的一个弧段区间内做往复滚压(例如MN弧,实际工艺并非如此),即保证外层胶帘布是在自由绕敷于内层胶帘布的状态下与内层进行贴合的,则内、外层胶帘布周长之比将等于A辊上对应弧段上内、外帘布层的弧长比。设A辊半径为R,胶帘布筒中第1层胶帘布周长为L,则第1和第2层帘布周长差应为

$$\Delta L = \frac{d}{R+d}L \quad (2)$$

当 $R = 100 \text{ mm}$, $L = 1900 \text{ mm}$ 时, ΔL 为21.6 mm,若胶帘布筒共4层,则最内层与最外层胶帘布的周长差将为65 mm!

实际上P压辊只能做垂直移动。同样考虑通过辊缝前内、外帘布层间可随意滑动情况,贴合状况与外层胶帘布在AD间平直段的运动状态无关,外层胶帘布相当于沿AD方向,即辊缝的切线方向进入辊缝,与内层胶帘布压合,显然其效果等同于在平直段贴合后再卷曲成筒。

经上述分析可知,胶帘布所受张力,即帘布在贴合过程中的相对伸长率是一个至关重要的影响因素,若A和P两个压辊不存在线速度差,则内外胶帘布层的相对伸长率将是对各层胶帘布用料长度差唯一具有重要影响因素,而此因素是可控制的。

1.3 小结

(1)对于胶帘布筒内各层胶帘布周长级差的计算,式(1)与(2)均不足为凭。

(2)按习惯操作方法,以用料长度为准,周

长级差实际上接近为零。即 $\Delta L \approx 0$ 。

(3)贴合过程中的胶帘布伸长是影响各层胶帘布筒周长级差的关键因素,不但能导致正级差,甚至可以产生负级差。

(4)对于各层帘布筒周长级差不宜做模糊处理,应该而且也能够较精确地控制。因其不仅对轮胎的设计强度将产生轻微影响,而且会使成品轮胎的胎体帘线角度与设计值发生偏差,从而对轮胎的充气平衡轮廓产生不可忽略的影响。

2 胎体帘布压缩率的确定

2.1 传统处理方法

轮胎从半成品到成品的过程中,某些部分或部件的厚度会变小,变小的比率称为“压缩率”。对此现象所做的权威解释包括两方面:一是帘线的伸长导致其粗度下降;二是胶料向帘线内渗透引起厚度减小。因此,压缩率的大小与帘线种类、断面部位、工艺伸长和硫化压力等因素有关。由于影响因素较多,且难以定量计算,因此在轮胎结构设计中压缩率的取值几乎全凭经验,且变动范围较大。例如斜交轮胎胎体冠部的压缩率为20%~30%(参见图2)。对于新产品设计,完全抛开计算手段而要在这样大的范围之内定量地选取一个能客观、准确地反映实际情况的压缩率,确实是一个难题。

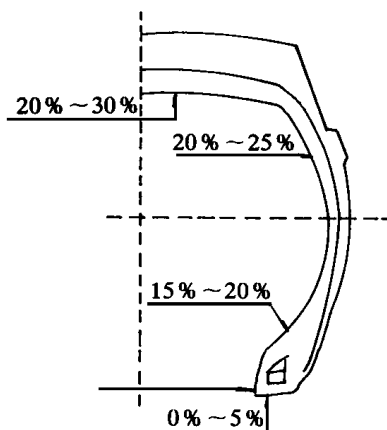


图2 轮胎各部位胶帘布的压缩率

2.2 简要分析

(1)材料性质与工艺影响

橡胶与纤维原则上均属于不可压缩材料,因此单纯的压力变化很难使之发生体积改变。

对纤维来说,伸长变形虽能导致体积轻微

的改变,但最大10%左右的伸长所能引起的体积变化是极小的,再加上骨架材料在轮胎总体中所占体积分数很小,因此由帘线伸长造成的轮胎总体积变化率完全可以忽略。

大量添加剂的加入使胶料密度会受硫化压力的影响,硫化过程中的化学反应也会导致胶料体积的一些变化。据桦林集团有限责任公司的实验数据,硫化胶的密度较混炼胶一般要大 $0.003 \sim 0.005 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$,而各种生胶的密度一般在 $1.1 \sim 1.3 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$,因此胶料从半成品到成品的过程中体积压缩率最大不超过0.5%。

由此得出初步结论:轮胎成品的大幅度变薄不是由半成品的体积压缩造成的,至少不是以体积压缩为主造成的。

(2)加工变形

胎坯在成型、定型、硫化等过程中经历了巨大的变形。分析这些可能导致厚度减小的变形因素,归结起来只有一个面积伸张。伸展面的面积伸张必然导致其垂直方向上的厚度减小,这是体积恒定材料的基本变形特征。

从半成品到成品的过程中,轮胎各部位的伸长方式及程度不尽相同,从而在各部位引起不同的压缩率。

2.3 压缩率的解析计算

设胎体胶帘布裁断角为 α_0 ,帘布筒半径为 r_0 (若为贴合式成型,胶帘布长度为 L_0 ,则 $r_0 = L_0 / 2\pi$),于是成品中半径为 r 的部位的帘线与周向线间夹角 α 满足余弦定理:

$$\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} = \frac{r_0}{r} \quad (3)$$

考虑到帘线的伸长,式(3)应修正为:

$$\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} = \frac{\delta r_0}{r} \quad (4)$$

式中 δ 为帘线的伸长比,即成品轮胎中与半成品胶帘布中相应帘线的长度比,是帘线张力的函数。由于帘线张力随 r 或 α 变化,因此帘线的伸长比也是位置的函数。为简化计算,采用平均伸长比 δ_0 代替实际的伸长比 δ (误差不大),则式(4)可改写为:

$$\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} = \frac{\delta_0 r_0}{r} \quad (5)$$

由此得 $\cos \alpha = \frac{r}{\delta_0 r_0} \cos \alpha_0$ (6)

设半成品胶帘布中每个菱形网格的边长为

s 。则成品轮胎中菱形网格的边长 $s = \delta_0 s_0$,挂胶帘布每个菱形网格面积为:

$$A_0 = s_0^2 \sin 2\alpha_0$$

成品轮胎中半径 r 处的菱形网格面积为:

$$A = s^2 \sin 2\alpha = \delta_0^2 s_0^2 \sin 2\alpha$$

面积伸张比为:

$$k_a = \frac{A}{A_0} = \delta_0^2 \frac{\sin 2\alpha}{\sin 2\alpha_0}$$

若体积恒定,则成品与半成品帘布厚度比为:

$$k_h = \frac{1}{k_a} = \frac{\sin 2\alpha_0}{\delta_0^2 \sin 2\alpha} \quad (7)$$

压缩率为:

$$k_s = 1 - k_h = \left(1 - \frac{\sin 2\alpha_0}{\delta_0^2 \sin 2\alpha}\right) \times 100\% \quad (8)$$

如果材料密度变化较大,则应考虑其体积改变对厚度变化的影响。设密度比

$$k_d = \frac{\text{成品材料密度}}{\text{半成品材料密度}}$$

则式(7)和(8)应分别修正为:

$$k_h = \frac{1}{k_d k_a} = \frac{\sin 2\alpha_0}{k_d \delta_0^2 \sin 2\alpha} \quad (9)$$

$$k_s = \left(1 - \frac{\sin 2\alpha_0}{k_d \delta_0^2 \sin 2\alpha}\right) \times 100\% \quad (10)$$

因为 $\sin 2\alpha = 2\cos \alpha \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$,将式(6)分别代入式(7)和(8),整理可得:

$$k_h = \frac{r_0^2 \sin \alpha_0}{r \sqrt{\delta_0^2 r_0^2 - r^2 \cos^2 \alpha_0}} \quad (11)$$

$$k_s = \left(1 - \frac{r_0^2 \sin \alpha_0}{r \sqrt{\delta_0^2 r_0^2 - r^2 \cos^2 \alpha_0}}\right) \times 100\% \quad (12)$$

通过式(11)或(12)可计算成品胎体各部位的厚度变化率。式中只有 r 一个变量。 $k_s > 0$ (或 $k_h < 1$)时厚度减小,反之增大。9.00-20规格轮胎的压缩率变化趋势及影响因素如图3和4所示。

2.4 小结

由计算可知,胶帘布的初始裁断角度与帘线的伸长比对轮胎厚度变化率的影响至关重要。最大压缩率一般不发生在胎冠部,而大致在胎肩部左右(因裁断角多在60°左右)。峰值位置主要受裁断角影响。

按此方法对我公司数种斜交轮胎进行计算与实测,大部分部位的压缩率结果与计算值相

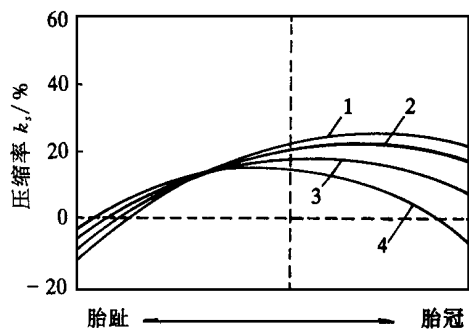


图3 帘线与周向夹角 α 对压缩率的影响

1—70°; 2—65°; 3—60°; 4—55°

当吻合,唯一例外的是紧邻钢圈的胎圈部位。主要原因是金属模具与较硬的水胎牙子已基本限定了胎圈部位材料的总厚度,其间又裹有不变形的钢圈,若半成品材料设计得较厚,就会有一部分胶在压迫之下流到其它部位(如胎趾部)。尽管如此,压缩率的计算值对胎坯整体材料布置设计(包括胎圈部在内)仍具有明显的指导意义。

综上所述,可得如下结论:

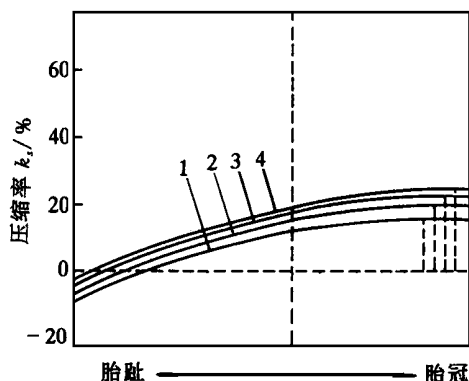


图4 平均伸长比 δ_0 对压缩率的影响

1—1.02; 2—1.04; 3—1.06; 4—1.08

(1)传统的对轮胎帘布层压缩率的经验式估算方法过于粗糙,误差较大。

(2)成品轮胎胎体厚度较半成品大幅度减小的主要原因不是体积压缩。

(3)形变是导致厚度减小的决定性因素。

(4)对于胎体压缩率,不必仅凭经验估算,可以进行定量的解析计算。

第十届全国轮胎技术研讨会论文

河南轮胎股份有限公司挂牌运作

1999年1月15日,河南轮胎股份有限公司正式挂牌,开始运作。经河南省体改委批准,河南轮胎股份有限公司采取发起方式设立,股本总额为18 000万元,每股面值1元。其中河南轮胎集团有限责任公司以净资产折股16 226.28万元,占总股本90.15%,另外6个股东中国神马集团有限责任公司、豫港(河南)开发有限公司、焦作市投资公司、焦作市锌品厂、江阴市创新气门嘴厂、封丘县助剂厂以现金认购1 773.72万元,共占总股本9.85%。

河南轮胎股份有限公司股东大会第一次会议选举产生了公司董事会、监事会,董事会、监事会第一次会议分别选举陈炎波为董事会董事长,马巨保为监事会召集人。董事会聘任陈炎波为公司总经理。

根据公司发展规划,“九五”期末斜交轮胎的生产将保持在年产180万套,“十五”期间及以后一段时间,将重点抓好80万套全钢载重子午线轮胎生产线和300万套半钢轿车子午线轮胎生产线的建设。到2000年,公司年产值和利税分别可达19亿和3.6亿元;到2005年,年产

值和利税分别可达26亿和4.6亿元;到2010年,年产值和利税分别可达35亿和6.3亿元。

(本刊讯)

改善低温抓着性的螺旋刀槽花纹

英国《国际轮胎技术》1998年2期10页报道:

Nokian公司推出一种时速为160 km的非镶钉冬用轮胎Hakkapelitta,这种轮胎采用新的螺旋刀槽花纹和配方技术,使轮胎在冰上抓着力提高30%。

螺旋刀槽花纹使胎面上的刀槽密而坚固,新研制的胎面胶配方使其刚性很高,2 400个以上的刀槽并没有降低胎面刚性。高强力无接头尼龙束层支撑胎面,确保磨耗均匀,而加强胎圈部位提高了轮胎行驶的稳定性和胎体帘布采用聚酯帘线。刀槽网的效应可穿透轮胎与冰面之间的微观水层,同时刀槽网还提高了胎面胶与冰表面微结构之间的抓着力。螺旋刀槽花纹轮胎的滚动阻力下降了15%。

(涂学忠摘译)