

从平衡轮廓出发进行子午线轮胎的模型设计

胡立平 张 薇

(桦林集团有限责任公司 157032)

摘要 子午线轮胎的平衡轮廓与模型轮廓是不同的,平衡轮廓设计的成功依赖于模型设计,而模型设计应开始于受约束充气平衡轮廓设计计算完成之后。模型轮廓与平衡轮廓有关的几个量是:模型外径 D_m 、模型胎体帘线长度 L_m 和模型断面宽 B_m 。模型胎体帘布轮廓形状设计遵循的基本原则为:向平衡轮廓靠拢;大变形集中于胎侧;模拟负荷下形状。

关键词 平衡轮廓,模型设计,子午线轮胎,计算机设计

基于薄膜网络理论,并在胎冠部与胎圈部增加了约束修正条件的平衡轮廓设计方法,尽管还不十分完美,但与我国轮胎企业目前仍在采用的经验式设计方法相比已有巨大的进步,尤其是数学模型简单、可在微机上编程而实现计算机辅助平衡轮廓设计。本文旨在揭示子午线轮胎的平衡轮廓与模型形状的内在联系,提出模型设计的基本原则,将基于平衡轮廓的产品设计方法推向实用化,也使我们的计算机辅助轮胎结构设计的思想及方法由传统的经验型向现代的解析型转变迈出一步。

1 平衡轮廓与模型轮廓

平衡轮廓系指轮胎充气后的形状,它较之轮胎的零压状态形状或模型形状都已有很大变化。无论模型和轮胎的形状经过怎样的刻意设计,这种变化的发生也仍然不可避免,此乃受力不同造成的。事实上,任何轮胎充气变形后都会建立起一种力学平衡,可以说它们的形状都是平衡轮廓。但这并不意味着轮胎的模型形状设计因此变得无关紧要,从而可以任意为之;只是说明了轮胎充气后变

形的必然性及其变形形式在一定程度上的“殊途同归”。平衡轮廓设计法的精髓并非追求轮胎轮廓的所谓“平衡性”或“不变性”,相反,其着眼点恰恰在于充气后轮胎的变形情况,即追求轮胎变形过程的“可预期性”或“可控性”,从而保证充气后轮胎的形状满足某种标准或某种汽车的要求,并且有合理的应力-应变分布。由此可见,作为成品轮胎形状出发点的模型形状是至关重要的。可以说,平衡轮廓设计的成功最终依赖于模型设计。

2 充气变形的特点

子午线轮胎的突出特点是带束层对胎冠部的箍紧约束和胎圈增强材料(硬胶芯及胎圈钢丝包布等)对靠近胎圈下胎侧部的支撑约束作用,因而子午线轮胎的平衡形状是一种受约束平衡轮廓^[1]。其充气后的变形有如下一些特征:

- (1) 胎冠部变形较小;
- (2) 包括胎圈的下胎侧部变形较小;
- (3) 尽管外径伸张微乎其微,但断面宽与外径总是有所伸张;

(4) 由于胎体帘线与圆周方向呈 90° 排列,因此胎体帘线的伸张率等于其断面轮廓曲线的伸长率。

作者简介 胡立平,男,1960 年出生。高级工程师。1982 年毕业于黑龙江大学高分子专业。主要从事 CAD 技术的研究开发工作。已在《轮胎工业》等刊物上发表论文 4 篇。

3 模型设计

各种标准或汽车对轮胎外缘尺寸的要求都是对轮胎的充气形状即平衡轮廓而言的。因此模型设计的真正目的并非自身形状的设计,而是对定型硫化出的轮胎充气后状态的设计。模型设计的过程应该是以平衡轮廓为出发点回溯到轮胎充气前,乃至在模型内形状的过程,也即子午线轮胎的模型设计应开

$$E = \frac{4}{3} E_r + \frac{1}{d} E_c i \cos^4$$

式中 E_r 是胶料的杨氏拉伸模量, E_c 是单根帘线(钢丝或纤维)的杨氏模量, i 是帘线排列密度, d 是复合材料(此处为带束层)的厚度, α 是帘线方向与拉伸方向的夹角。

充气后带束层承受的最大拉伸张力 T 可根据内压 P 、带束层对轮胎旋转轴的半径 R 及带束层承担的内压最大比率 X_0 计算:

$$T = X_0 PR \tag{2}$$

X_0 取决于充气平衡轮廓设计过程中确定的带束层约束条件^[1]。

充气外直径 D 与充气前外直径 D_0 的差值基本等于充气前后带束层直径的伸张值,即

$$D - D_0 = 2R[1 - 1/(1 + \epsilon_b)] \tag{3}$$

式中 $\epsilon_b = T/Ed$, 为充气后带束层周向应变(此处忽略了胎面胶的模量,当然也可计入),将其代入式(3),可得

$$D = D_0 - 2RT/(Ed + T) \tag{4}$$

此计算只依据层合材料理论而未考虑胎体帘布对带束层的约束,故算得的充气前外直径会稍有误差。

模型直径 D_m 可取充气前外直径 D_0 , 或凭经验(根据工艺情况)对之略加调整。

3.2 模型胎体帘线长度 L_m

设充气后胎体帘线对模型胎体帘线的长度伸张比为 λ , 则模型胎体帘线由胎冠中心到钢丝圈底部的 L_m 与充气轮廓中对应的平

始于受约束充气平衡轮廓的设计计算完成之后。

模型设计涉及许多方面,下面只讨论与平衡轮廓有关的几个问题。

3.1 模型直径 D_m

以充气平衡轮廓为基准,则模型轮廓处于相对收缩的状态。带束层的周向伸张模量 E 可依据层合材料理论计算^[2]:

$$\left(\frac{\frac{2}{3} E_r + \frac{1}{d} E_c i \sin^2 \cos^2}{\frac{4}{3} E_r + \frac{1}{d} E_c i \cos^4} \right)^2 \tag{1}$$

衡曲线长度 L (即相应帘线长度)显然应满足下式:

$$L_m = L / \lambda \tag{5}$$

式中参数 λ 的确定至为关键。尽管理论上可以通过计算充气后胎体帘线的受力,再依据帘线的应力-应变曲线获得帘线的变形情况确定,但是模型胎体帘线并非处于零受力状态(浸胶及压延张力的大小、成型时的伸张程度等都是影响模型胎体帘线状态的因素),因此这种方法只能用于粗略的估算。对于工艺条件稳定的生产线,可以通过严密的标定来了解模型胎体帘线的真实力学状态,从而得到精确的 λ 值。

模型轮廓的设计应保证 L_m 收敛于 L / λ [即满足式(5)]。这是使轮胎的充气变形情况能够被预报或受控制的前提,是保证模型设计成功的必要条件之一。

3.3 模型断面宽 B_m

对于传统的经验式设计来说, B_m 是最重要的参数之一,尤其对轮胎充气断面宽有举足轻重的影响;而从平衡轮廓角度看来,它显得不那么重要,甚至可以考虑不把它当成一个起始边界条件,而只将它作为设计过程中的导出参数之一。事实上,轮胎充气时胎体帘线的伸张程度和胎体轮廓的变形分布基本限定了充气断面宽。换言之,充气断面宽取决于平衡轮廓,而非模型断面宽。

如和传统的经验式设计习惯保持一致,

我们仍然可以预定一个 B_m 值。显然 B_m 值应比充气断面宽略小些。在后续的设计过程中,它可能被修改或反复调整。

3.4 模型胎体帘布轮廓形状

胎体帘布轮廓形状设计是模型设计的关键。为使充气轮胎的应力-应变分布均匀合理,从而充分发挥结构材料的力学性能,应遵循下列基本设计原则。

(1) 向平衡轮廓靠拢。令胎体帘布轮廓大体上接近平衡轮廓是使充气后变形均匀、减小初始应变,从而降低轮胎总体内应力的基本有效措施。考虑到轮胎结构材料强度分布的不均匀性,对各部位与平衡轮廓接近程度的要求也应有所不同。一般地,强度越高的部位(即预后变形越小的部位)应该越接近平衡轮廓。

(2) 大变形集中于胎侧。从模型轮廓到平衡轮廓,胎圈部受钢丝圈的紧固几乎不动,外直径受带束层的紧箍也只有很微小的膨胀,而胎体帘线的伸张导致的胎体帘布轮廓长度的伸张却不可避免,也不能忽略。这必然引起胎体帘布轮廓形状的明显改变。此时柔软的胎侧部理所当然地成为吸收这一变形的最佳所在。即为满足其它条件,允许胎侧模型形状与充气后形状有较大的差别。

(3) 模拟负荷下形状。考虑到轮胎的性能与寿命在更大的程度上取决于其工作状态下的应力-应变分布等力学状况,就不能忽略对轮胎负荷下形状的分析。轮胎在静负荷下变形稳定之后的形状原则上也是一种平衡轮廓,只不过是增加了负荷这一约束条件。可利用受约束平衡轮廓设计法有重点地模拟一些负荷下轮胎接地断面形状^[1],使模型轮廓某些关键部位的形状与之适当靠近,例如胎肩部与胎圈部负荷下与无负荷下的形状往往差别较大,且都是材料分布不均匀、总体厚度较大、刚度较高、受力复杂而较易出问题的部位,对其模型形状的确定即应参考负荷下该部位的形状而加以改进,这样做有利于降低

该部位在轮胎负荷滚动状态下的应变振幅。

笔者将模型胎体帘布轮廓的计算及绘制过程用 Auto LISP 语言编成程序,在 Auto CAD 平台上运行。从充气平衡轮廓出发,由设计者设定基本边界值 D_m 、 B_m 、模型断面水平轴半径 r_{mm} 等,在 386 以上微机上进行交互式操作,可迅速方便地获得设计结果。程序框图如图 1 所示。

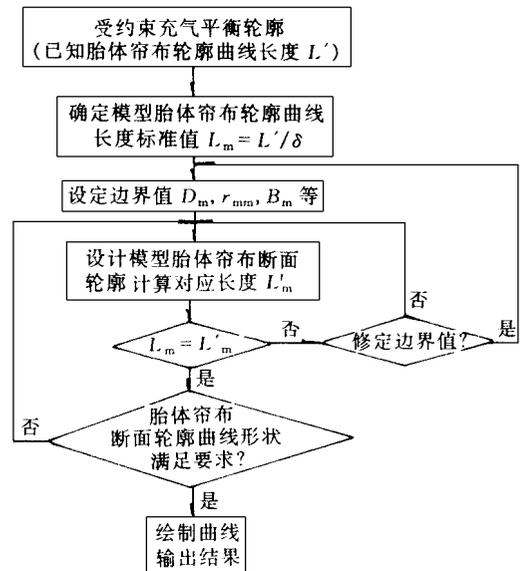


图 1 模型胎体帘布轮廓设计程序框图

模型胎体帘布轮廓一经确定,即可根据材料布置设计等其它条件,大体遵循通常的方法来确定轮胎的外轮廓,亦即模型内轮廓。

4 结论

从受约束平衡轮廓出发进行子午线轮胎模型设计的主要思想可简要归纳如下:

(1) 模型轮廓与平衡轮廓一定有所不同,因此刻意追求模型轮廓与平衡轮廓的一致是毫无意义的。

(2) 模型设计的中心是模型胎体帘布轮廓曲线的形状与长度,即 D_m 、 B_m 和 L_m ,关键是带束层与胎圈增强材料的约束作用。

(3) 令柔软的胎侧承担(吸收掉)由模型轮廓到平衡轮廓的大部分变形。

(4) 尽量使材料较厚、刚度较大的胎冠和胎圈部的模型形状与平衡轮廓靠近,减小其应变。

(5) 对胎肩部与胎圈部,不做单一的平衡轮廓目标选择,而是兼顾充气平衡轮廓与“负荷平衡轮廓”来确定该部位的模型轮廓。

参考文献

- 1 胡立平. 子午线轮胎的受约束充气平衡轮廓与计算机辅助设计. 轮胎工业, 1994(9): 3~12
- 2 张士齐. 轮胎力学与热学. 北京: 化学工业出版社, 1988. 207~208

第九届全国轮胎技术研讨会论文

Mould Design of Radial Tire Based on Equilibrium Contour

Hu Liping and Zhang Wei

(Hualin Group Corp. Ltd. 157032)

Abstract The equilibrium contour of radial tire is different from the mould contour. The success of the equilibrium contour design depends on the mould design, which should begin after the calculation of the restrained pneumatic equilibrium contour. The parameters relative to the mould contour and the equilibrium contour are as follows: the outer mould diameter D_m , the carcass ply cord length in mould L_m , and the mould sectional width B_m . The basic principles in the design of the carcass ply contour in mould are: 1) to close the equilibrium contour; 2) to concentrate the large deformation in the sidewalls; and 3) to simulate the shape under load.

Keywords equilibrium contour, mould design, radial tire, computer-aided design

2000年我国汽车轮胎需求 可达4 130万条

根据预测,到2000年我国汽车产量为260万辆,汽车保有量为2 000万辆,汽车轮胎需求量为4 130万条,汽车轮胎总产量可达5 100万条;若加上农业轮胎、工业轮胎、工程机械轮胎等,总计各种轮胎产量可达8 300万条。据了解,包括法国米其林、日本普利司通、美国固特异、意大利倍耐力等在内的全球十大轮胎公司,均已赴中国投资设厂或设立经销商积极开拓大陆轮胎营销体系;而中国台湾的建大工业、正新橡胶、华丰橡胶三大轮胎厂均在大陆大规模投资建厂,且已从大陆轮胎市场中开始获利,因此,台湾南港

和泰丰两家轮胎公司最近也积极在上海一带进行投资计划。调查显示,大陆东部、南部沿海交通建设不断发展,北京、上海、广州、武汉等大都市的汽车数量激增,已连续5年增长率维持二位数,是全球轮胎厂必争的市场,也是外资赴大陆投资建厂、设立行销点的重点城市。自1990年起,外商开始和大陆轮胎公司进行合作,已有加拿大、韩国、马来西亚、中国台湾省等国家和地区超过30家企业赴大陆投资,至去年年底中外合资轮胎厂产量为2 200万条以上,尤其是最近3年中外合资的企业数量、金额快速成长,目前已超越国营企业占据大陆轮胎业的主导地位。

(本刊讯)