

大统一轮胎技术 GUTT

Yu Kio NA KAJ IMA 著 刘大众编译 萧 仪校

摘要 提出了一种称作 GUTT(Grand Unified Tire Technology——大统一轮胎技术)的新方法,用以确定轮胎最佳轮廓。GUTT 将轮胎发展史上提出的各种轮胎轮廓理论进行归纳统一。GUTT 优化技术是与有限元理论相结合的。通过 GUTT,得到前所未有的轮胎轮廓;这种轮廓提高了操纵性能;根据计算相应的目标函数和约束条件,GUTT 可以改进多种轮胎性能。

传统轮胎轮廓设计采用自然平衡轮廓理论,该理论认为,当轮胎充气后,因为轮胎采取的是自然平衡轮廓,所以胎体帘线张力是均匀的。自然平衡轮廓可用数学公式表示,因此每个工程师均可设计出同样的轮胎轮廓。

在采用这种理论设计轮胎轮廓 50 余年之后,出现了由自然平衡轮廓变化而成的轮胎非平衡轮廓^[1,2]。非平衡轮廓的典型代表是轿车轮胎最佳滚动轮廓理论,亦称 RCOT 理论,以及载重轮胎最佳张力控制理论,亦称 TCOT 理论。RCOT 轮廓的胎侧曲率半径,尤其在接近带束层部位,比普通轮廓小(如图 1 所示),胎圈部位曲率半径比普通轮廓大,因此,与普通轮胎相比,带束层张力提高,接

近带束层部件的胎体张力有所降低,而胎圈部位的胎体张力提高。张力的非均匀分布导致操纵性能的改善。非平衡轮廓不能用数学公式或程序对其唯一定义,因此,普利司通公司提出 RCOT 理论之后,推出了各种轮胎非平衡轮廓。例如,普利司通公司将 RCOT 轮廓称之为 U 系列;其后又相继推出 J, O, R 甚至 系列轮廓,用以提高相关的各种性能。日本其它轮胎厂家基于非平衡原理,也提出了各自不同的轮胎轮廓理论。

我们的研究目标是提出一个将轮胎自然平衡轮廓和非平衡轮廓理论统一起来的理论。将此设想命名为 GUTT,它是“Grand Unified Tire Technology”的缩写。如果此项研究成功,GUTT 将成为关于轮胎轮廓最根本的理论。

1 最佳轮胎轮廓理论 GUTT

GUTT 轮廓理论以有限元分析和优化技术为基础,如图 2 所示。在实施 GUTT 过程中,根据现有的轮胎设计,要优化的特定性能和相关的约束条件,用计算机求得轮胎优化设计方案。例如,要改进操纵性能,目标函数是使带束层张力和胎圈部位胎体张力达到最大,如同 RCOT 所为。设计变量是轮胎轮廓,约束条件包括轮胎尺寸和诸如耐久性及其它性能。在敏感性分析过程中,通过反复微调设计变量以评价目标函数和约束条件,进而确定优化发展方向。随后经一维搜索,

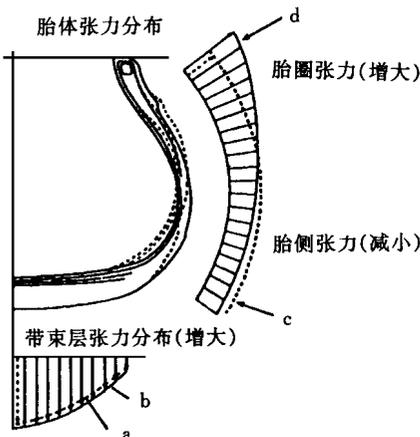


图 1 轮胎非平衡轮廓的代表 RCOT

——RCOT 轮廓;——普通轮廓

a, c —普通轮廓张力分布; b, d —RCOT 张力分布

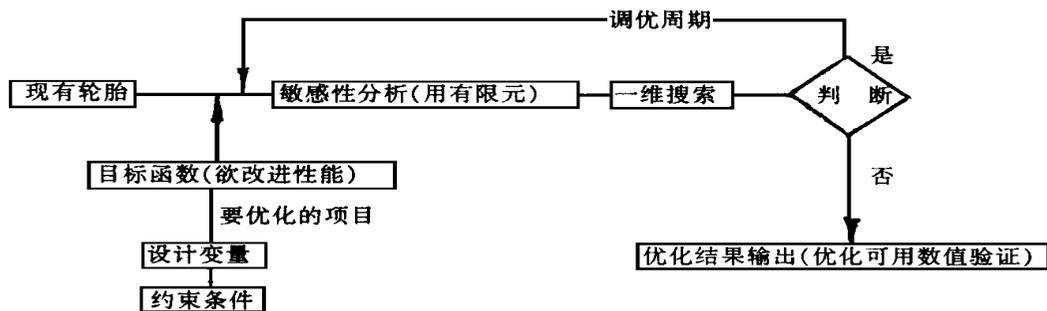


图 2 GUTT流程图

针对已确定的调优方向计算优化发展水平。一维搜索之后,判断进一步调优的可能性。如果可能性存在,则敏感性分析过程重新开始;如不可能进一步调优,则得出了最终的优化轮胎轮廓。

2 结果

2.1 GUTT 验证

RCOT 不能有效控制低断面轮胎张力水平,这是轮胎断面高度过低所致。因此,使用 RCOT 只能略微改善低断面轮胎性能。我们

设想,如果能用 GUTT 改进低断面轮胎性能,则便可证明 GUTT 的功效。

首先选择 60 系列轮胎,把最大限度地提高带束层和胎圈部位胎体张力作为设计要达到的目标性能,这方面与 RCOT 相似。设计变量的范围是从带束层端部到胎圈底部的区域,如图 3 所示。得到优化结果的轮胎轮廓是一种不为大家所熟悉的形状,其特征为在胎圈部位凹陷,而在带束层端部凸起。这种轮廓是没有先例的,并向所有传统知识挑战,因此,我们还不能相信这就是优化轮廓。

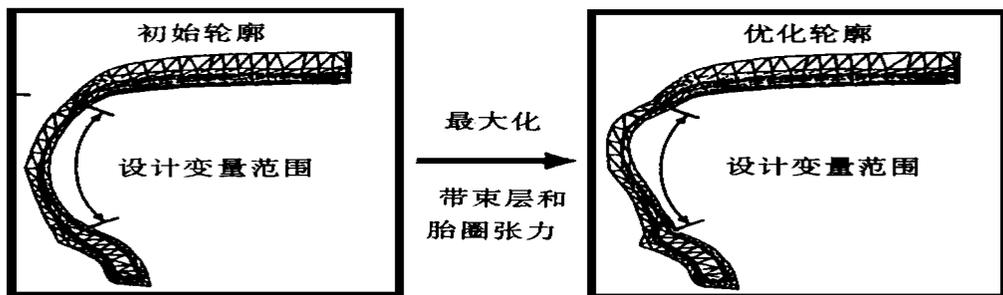


图 3 GUTT 轮廓应用于低断面轮胎(205/60R15)

根据结果绘制张力水平,如图 4 所示。带束层和胎圈部位张力明显大于普通轮廓轮胎。至此,我们开始相信自己新的轮廓理论 GUTT。由于 GUTT 提出一个不能令人置信的、我们自己无法想象的轮廓,实际上 GUTT 可能比它的发明者更具有创造力。经过此项研究,我们命名这种最佳轮廓为 GUTT 轮廓。

2.2 室内成品试验和主观评价

将 GUTT 轮廓轮胎与普通轮廓轮胎作

各种性能比较,二者使用同样结构和材料。室内钢带试验机试验表明:使用 GUTT 轮廓,比拐弯力提高 3%,最大拐弯力提高 4%。

试验场试验的主观评价表明:GUTT 轮廓改善了操纵性和稳定性,而乘坐舒适性略有降低,如附表所示。+3 意味着对于一个普通驾驶员,即能感到操纵性能的变化。-1 意味着经特殊训练的驾驶员,方能感到性能的改变。一个试车驾驶员认为 GUTT 轮廓大幅度提高了操纵性和稳定性,使他感到似

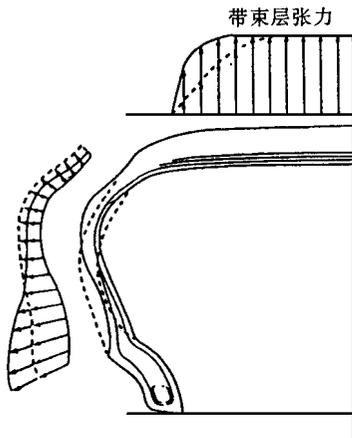


图4 GUTT和普通轮廓轮胎张力分布
 —优化张力; ..普通张力; ——优化轮廓;普通轮廓

附表 GUTT轮廓试验场试验的主观评价

性能	普通轮胎轮廓	GUTT轮廓
乘坐舒适性	6	-1
干路面操纵性	6	+3
湿路面操纵性	7	+3

乎是在驾驶两种不同的车辆。

2.3 GUTT应用于低断面轮胎

将GUTT应用于低断面240/50R13赛车轮胎,与60系列轮胎相比,这种轮胎要通过改变轮胎轮廓而提高使用性能显得更加困难。在此实例中,目标函数与前一实例相同,但是优化的轮廓与前一实例不同,如图5所示。因为GUTT建立的最佳轮廓考虑到了轮胎尺寸和结构因素。



图5 GUTT轮廓应用于低断面赛车轮胎(240/50R13)

在有6km长的Suzuka环形赛车场,GUTT轮廓轮胎每圈行驶时间缩短0.75s。F3000比赛需跑35圈,因此时间缩短了26s。这种时间的缩短即使是改变胎面胶料也是很难实现的。一个试车驾驶员认为,GUTT轮廓轮胎从内道转到外道时是稳定的。这种评价与前者类似,令人关注。

2.4 GUTT概念的延伸

GUTT首先是针对轮胎轮廓优化而发展起来的。轮胎设计包括4个基本因素:轮廓、结构、材料和花纹。因此,将GUTT概念延伸到为提高耐久性而进行材料优化工作。有许多种参数可以表示材料特性,但我们选择了橡胶杨氏模量作为本实例的设计变量。

建立载重轮胎模型时,采用橡胶轴对称

实体单元和骨架材料薄膜单元,在周向用傅立叶级数展开。在充气轮胎中,橡胶实体单元是材料和几何线性,而骨架材料薄膜单元是材料线性和几何非线性。设计变量是位于图6所示区域内的各种橡胶实体单元的杨氏模量。目标函数是用点线标注部位负荷下胎体层端部的主应变。轮胎充气压力725kPa,施加负荷27kN。约束条件是橡胶单元的杨氏模量大于零且小于其初始杨氏模量。有437个设计变量。

图7表示杨氏模量分布值随着优化迭代次数在逐步改变。与初始设计相比,具有优化杨氏模量的轮胎主应变降低90%。在胎体端部上方的橡胶实体单元优化模量几乎变为零,用白色表示。这意味着如果去掉这个部位的橡胶,则轮胎耐久性将获得改善。在

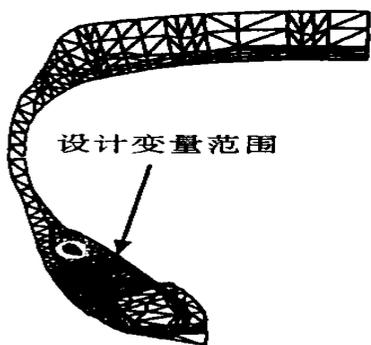


图6 载重汽车轮胎耐久性优化模型

目标函数:承载胎体端部主应变;设计变量:每个橡胶单元杨氏模量;约束条件: $0 < X_i < E_i$;设计变量:437个

胎体层端部上方部位加工出沟槽的试验胎,在室内转鼓试验机上进行了耐久性试验。胎圈部位有沟槽的轮胎,其胎圈耐久性提高12%。虽然这个实例的结构布局并未改变,但采用这种方法能够建立新的布局设计是不言而喻的。

已经提出命名 GUTT 的重要轮胎轮廓理论,它将各种轮胎轮廓理论统一起来,由此能够创立突破普通常识限制的没有先例的轮胎轮廓。GUTT 以有限元分析和优化技术为基础。GUTT 轮廓提高了低断面轮胎的

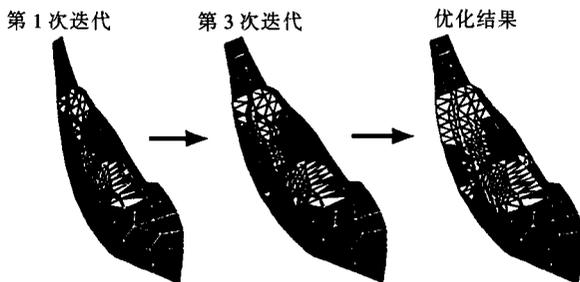


图7 耐久性优化历程

主应变降低90%;白色部分表示杨氏模量接近于零

操纵性能,而用现有的轮胎理论是不能实现这种改进的。GUTT 概念延伸到橡胶材料杨氏模量的优化。应用对全斜底轮胎胎圈部位杨氏模量的优化创立的新结构,提高胎圈耐久性12%。

3 结语

本文讨论了 GUTT 对操纵性和耐久性的改进,而且通过修改轮胎模型和目标函数,

GUTT 能够便利地应用于各种轮胎及其性能的提高。此外,GUTT 概念将被延伸到其它轮胎设计领域,诸如结构和花纹设计。如果能成功完成这种设想,GUTT 将成为在轮胎轮廓理论和其它轮胎设计因素之间真正实现统一的理论。

译自“95 神户国际橡胶会议论文集”,