

低噪声轮胎花纹的周期性和节距排列辨识

陈理君¹, 邹武¹, 李福军², 吴桂忠²

(1. 武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430070; 2. 北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

摘要:研究轮胎花纹的周期性和节距排列辨识方法。首先通过计算机扫描将轮胎花纹图案处理成[0-1]矩阵A, 然后对矩阵A进行压缩计算, 用以辨识轮胎花纹的周期性和花纹节距排列规律, 为低噪声轮胎设计提供参考和分析工具。

关键词:轮胎; 花纹噪声; 节距排列; 周期性

中图分类号: TQ336.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2006)07-0396-04

目前, 轮胎噪声已成为考核轮胎质量的主要指标之一, 对低噪声轮胎花纹参数进行辨识具有很大的实际意义。

轮胎花纹的结构参数主要包括花纹块面积、花纹槽面积、块槽面积比、花纹条数、花纹条宽度、单元节距长度、各单元节距的比例以及各条花纹之间的错位量等。各项参数的设计对轮胎噪声有直接影响。借鉴优秀的低噪声轮胎花纹参数信息来设计新的低噪声轮胎, 可以缩短设计时间, 收到事半功倍的效果。

我们已经对花纹块面积、花纹槽面积、块槽面积比、花纹条数和花纹条宽度等的辨识进行了研究, 并取得一定成果^[1,2]。

本工作将轮胎花纹图案转化成矩阵, 对轮胎花纹的周期性和节距排列进行辨识。

1 轮胎花纹周期性和节距排列的辨识

轮胎花纹都是按照节距呈一定规律排列的, 节距由花纹块和花纹槽组成。由一个花纹槽和一个花纹块组成的节距称为单元节距, 如图1所示。

在轮胎花纹的节距比例设计中, 通常采取不等节距设计。在不等节距花纹中, 各个节距的长度之比称为节距比, 例如 $a : b : c = 1.00 : 1.53 : 2.13$ 。

整条轮胎花纹图案可以呈现周期性变化, 也

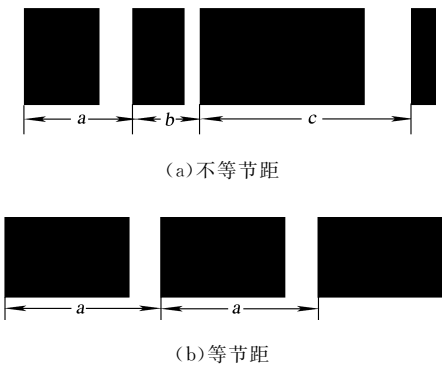


图1 单元节距示意
 a, b, c 为一个单元节距。

可以不具有周期性。例如一个轮胎花纹的节距比例为 $a : b : c : d : e = 1.00 : 1.45 : 1.68 : 2.26 : 3.16$, 整个轮胎花纹节距排列为 $babdecececd-becbababdecececd-becbababdecececd-becbababdecececd-becba$, 则这个轮胎花纹的周期数是4。

1.1 轮胎花纹图案的转化

首先将整个轮胎花纹扫描进计算机, 形成花纹图案, 图案中黑色花纹块转换为[1]矩阵, 白色花纹槽转换为[0]矩阵。对花纹图像进行横向40线扫描, 每线扫描有2 048个采样点。实际的轮胎周长均在2 m左右, 相隔约1 mm一个扫描点。令

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \tag{1}$$

式(1)可简写成 $A = [a_{ij}]$
 $i = 1, \cdots, m, j = 1, \cdots, n$

作者简介:陈理君(1938-), 男, 上海人, 武汉理工大学教授, 长期从事噪声控制、模糊控制方面的研究与教学工作。

$$a_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{花纹槽元素(白)} \\ 1 & \text{花纹块元素(黑)} \end{cases}$$

式中, m 为行数, n 为列数。

轮胎花纹图案(只截取了整条花纹的一部分)转换成[0-1]矩阵如图 2 所示。

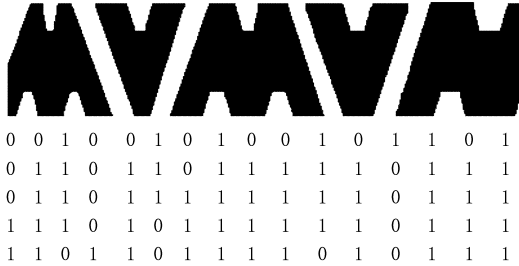


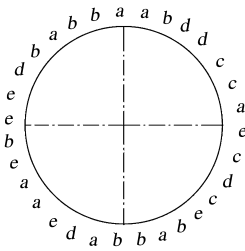
图 2 轮胎花纹图案转换成[0-1]矩阵示意

这样就将花纹图案转换成了 40 行 2 048 列的[0-1]矩阵 A 。

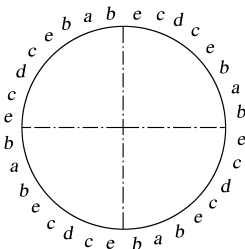
1.2 花纹周期性的辨识

在实际轮胎花纹设计中,花纹的节距排列基本上有两种情况,一种是整个花纹由单元节距随机排列,无周期性;另一种是整个轮胎花纹由 3, 4 或 5 组相同的节距排列组成。

下面以周期数为 4 的轮胎花纹为例进行讨论。无周期性和周期数为 4 的轮胎花纹如图 3 所示。图 3(a)中,整条轮胎的节距随机排列,不呈现周期性,节距排列为 *babecdceacccddbaabbab-*



(a)无周期



(b)周期数为 4

图 3 轮胎花纹排列示意

deebeaaedab;图 3(b)中,轮胎花纹由 4 个相同的节距排列组成,整条轮胎的节距排列为 *babecdce babecdce babecdce babecdce*。

因此,在对轮胎花纹周期性进行辨识时直接验证轮胎花纹是否为 4 个周期;若不是,则认为该花纹不具备周期性。

显然,周期数为 4 的轮胎花纹平均分为 4 个部分后,无论从轮胎的哪个部位开始划分,这 4 个部分的图案都是完全相同的。

矩阵 A 有 40 行和 2 048 列 8 万多个元素值,直接对矩阵 A 进行处理计算量很大,因此将矩阵 A 按照一定的编码进行压缩。这里采用 8421 码将矩阵 A 压缩成 $10 \times 2\,048$ 的矩阵 B 。

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (2)$$

式中, $m=10$, $n=2\,048$ 。

式(2)可简写成

$$B = [b_{ij}]$$

$$i = 1, \cdots, m, j = 1, \cdots, n$$

$$b_{i,j} = 8a_{i \times 4,j} + 4a_{i \times 4+1,j} + 2a_{i \times 4+2,j} + a_{i \times 4+3,j} \quad (3)$$

这样,对 4 个周期的轮胎花纹对应的矩阵 B 而言,第 j 列($0 \leq j < 512$)、第 $(j+512)$ 列、第 $(j+1\,024)$ 列和第 $(j+1\,536)$ 列的元素值在行方向上对应相等。

为保证花纹图案上下部分辨识的一致性,再用权 1248 编码对矩阵 A 进行压缩,即矩阵 C 中的元素值为:

$$c_{i,j} = a_{i \times 4,j} + 2a_{i \times 4+1,j} + 4a_{i \times 4+2,j} + 8a_{i \times 4+3,j} \quad (4)$$

如果第 j 列($0 \leq j < 512$)、第 $(j+512)$ 列、第 $(j+1\,024)$ 列和第 $(j+1\,536)$ 列的元素值在行方向上也对应相等,则可认为该轮胎花纹的周期数是 4。

对于周期数为 3 或 5 的轮胎花纹周期性辨识,方法同上。

1.3 花纹节距排列的辨识

对于无周期性的节距排列,无法准确辨识各个单元节距。考虑到花纹设计的实际情况,在此只对周期数为 4 的轮胎花纹节距排列进行辨识。

对于周期数为 4 的花纹图案,无法准确辨识出各个单元节距的起始位置和形状。但是研究发

现,只要不改变实际的轮胎花纹图案,不必确切知道每个单元节距的信息,可以用一种新的节距序列替代原有的序列。例如轮胎花纹的实际节距排列为 *babcedceccddbababce*,用节距排列 *FGE-DECCDDFGFGE* 替代原来的排列后发现,并没有改变花纹图案。

为了叙述和计算简便,只对 $1/4$ 的轮胎花纹,即周期数为 4 的轮胎花纹中的一个周期进行节距排列的辨识。

以矩阵 B 的第 j 列 ($0 \leq j < 512$) 元素为例,将与这列元素对应相同的列号取出来。先将这些列中元素相同的相邻列去掉,例如第 20~23 列,这 4 列的元素是相同的,则只保留第 20 列;再用保留下来的列将 10 行 512 列的矩阵划分为若干个小矩阵 R_p 。具体的划分方法如下:假设相同的列有 8 列,分别为第 45,134,230,298,321,376,443 和 478 列,那么第 0~44 列组成一个小矩阵 R_1 ,第 45~133 列组成一个小矩阵 R_2 ,...,第 478~511 列组成一个小矩阵 R_9 ,这样将 10 行 512 列的矩阵划分为了 9 个小矩阵。

从矩阵 R_p 中取出两个矩阵 R_x 和 R_y 。若 R_x 与 R_y 的列数不一样,就认为是两个单元节距;若列数相同,即

$$R_x = [x_{ij}], R_y = [y_{ij}]$$

在此定义矩阵异或运算,即

$$[x_{ij}] \otimes [y_{ij}] = [z_{ij}] \quad (5)$$

如果 $x_{ij} = y_{ij}$, 则 $z_{ij} = 0$; 如果 $x_{ij} \neq y_{ij}$, 则 $z_{ij} = 1$ 。

$$\xi = \frac{\sum_{i,j}^{m,n} z_{ij}}{mn} \quad (6)$$

式中, m 和 n 为矩阵 $[z_{ij}]$ 的行数和列数。如果 $\xi < 5\%$, 可认为矩阵 $[x_{ij}]$ 和 $[y_{ij}]$ 相同, 可以作为相同的单元节距处理。

这样, 每个矩阵 R_p 都对应一个单元节距, 从

而得到 $1/4$ 轮胎花纹的节距排列。

2 轮胎花纹剖析实例

将某轮胎花纹扫描进计算机, 并进行必要的图像预处理, 转化成可用于本软件辨识的 256 色 BMP 格式图像。花纹周长为 2 m, 包含 40~80 个轮胎花纹单元节距。轮胎部分花纹图案如图 4 所示。



图 4 轮胎部分花纹图案示意

通过软件仿真后得到轮胎花纹结构的周期性和节距排列信息如下:

周期数 4

节距排列 *abcdefefefcdefab*

单元节距比例

1 : 1.415 : 1.846 : 3.169 : 4.092 : 5.323

这里要说明的是节距排列的解不是唯一的。

3 结语

本工作提出了一种行之有效的轮胎花纹周期性和节距排列辨识路径及仿真方法, 验证了它的正确性和可行性。该方法可对国内外优秀的低噪声轮胎花纹周期性和花纹节距排列进行辨识, 为设计新的低噪声轮胎提供参考及分析工具, 具有工程实用价值。

参考文献:

- [1] 刘雨青, 陈理君, 邹武, 等. 低噪声轮胎花纹结构参数辨识[J]. 武汉理工大学学报, 2004, 26(8): 80-84.
- [2] 刘雨青. 低噪声轮胎花纹结构参数辨识及其测试规范的研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2002.

收稿日期: 2006-01-25

Identification for periodicity and pitch order of low noise tread patterns

CHEN Li-jun¹, ZOU Wu¹, LI Fu-jun², WU Gui-zhong²

(1. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry, Beijing 100039, China)

Abstract: The identification for the periodicity and pitch order of low noise tread patterns was in-

vestigated. The tread patterns were processed by scanning with a computer to form $[0-1]$ matrix **A**, which was compressed and calculated to identify the periodicity and pitch order law of tread patterns and provide the reference and analysing means in designing low noise tire.

Keywords: tire; tread patterns' noise; pitch order; periodicity

三工公司加大外贸出口力度

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

近年来,橡胶原材料价格大幅上涨,导致轮胎企业生产成本提高,国家宏观调控出口退税率下降,使轮胎行业竞争日益加剧。山东三工橡胶有限公司积极应对市场变化,在坚持内销的同时,加大出口力度。

公司充分利用各种渠道与外商联系,并针对市场需求及时调整产品结构,不断加大新产品开发力度。通过市场调查,公司开发了 ST 系列 3 个规格、7.50—16 10PR 和 7.00—15 8PR 等新产品,满足了市场需求,出口量保持稳定。同时,公司将技术含量高的子午线轮胎产品迅速推向市场,产品一度热销,现已出口到巴基斯坦、智利和新加坡等国家。2006 年 4 月,公司出口创汇突破 100 万美元,其中子午线轮胎达 60 万美元。

(山东三工橡胶有限公司 王旭涛供稿)

米其林轮胎经受住比赛考验

中图分类号:F27 文献标识码:D

在纽博格林赛道举行的 F1 欧洲站比赛上,米其林合作车队雷诺车队车手阿隆索与法拉利车队的舒马赫再次激烈较量,最终阿隆索获得亚军,继续保持他在本年度车手积分榜上的领先。在本赛季已经结束的 5 站比赛中,阿隆索始终排名前两位。在排位赛中,阿隆索抢到了炙手可热的杆位,在引擎由 V10 改为 V8、输出功率减小 149 kW 的情况下,他的杆位成绩比 2005 赛季海德菲尔德创造的杆位成绩还要快 0.2 s。

正式比赛中,阿隆索从杆位发车,在第 1 轮进站加油后,继续保持对舒马赫的领先。当阿隆索在全长 60 圈的比赛进行到 38 圈时选择了第 2 次进站,此时舒马赫借机连续创造了最快圈速,为他在以后的进站中占得先机,并获得领先位置。此后,由于阿隆索本站比赛使用的引擎将继续在后方的西班牙站比赛中使用,出于保护引擎的目的,

阿隆索没有继续紧逼舒马赫,而稳拿亚军奖杯。

(本刊编辑部 吴秀兰供稿)

米其林的超高里程轮胎

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

英国《轮胎与配件》2006 年 3 期 20 页报道:

米其林宣称其产品的使用寿命比其它任何一家公司制造的轮胎都长久。在经过德国技术检查协会(TUV)进行严格试验后,法国米其林公司宣布,其新型 Primacy HP 轮胎的行驶里程至少比其它任何一家竞争对手高 25%,而其绿色轮胎的行驶里程比最差的竞争对手高 54%。此外,Primacy HP 轮胎在行驶 1 万 km 后在湿路面上的制动性能仍和新胎一样好。

米其林的 Primacy HP 轮胎与其它规格为 225/55R16 95W 的名牌轮胎进行了对比,其中包括普利司通的 Turanza ER3000、固特异的 Excellence、大陆的 Conti Sport Contact 2 和倍耐力的 P7。这些轮胎安装在宝马 5 系列豪华轿车上在相同条件下进行了 1 万 km 的行驶试验。试验于 2005 年第 3 季度在 TUV SUD 汽车中心进行。

就行驶时间而言,按照米其林宣布的行驶里程折算,质量最好的竞争对手轮胎可行驶 24 个月,而 Primacy HP 轮胎可行驶 30 个月,与最差的竞争对手轮胎相比,Primacy HP 轮胎则多使用整整一年时间。

Primacy HP 轮胎的主要特点是具有柔软的胎体和刚性的胎面花纹,这种设计增大了接地印痕,特别有利于花纹排水,减轻水滑,改善在湿路面上的制动性能。

新型 Primacy HP 轮胎是专为 C、E 和 S 级梅赛德斯、1,3 和 5 系列宝马以及奥迪 A4 和 A6 等高档轿车设计的,目前的市售规格包括 V、W 和 Y 速度级的 406.4、431.8 和 457.2 mm 轮胎。

(涂学忠摘译)