

低噪声轮胎花纹结构参数的快速辨识

车 勇¹, 陈理君¹, 刘 迪¹, 陈 弘²

(1. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430070; 2. 杭州中策橡胶股份有限公司, 浙江 杭州 310016)

摘要: 轮胎花纹辨识的主要任务是对花纹块、槽、节距、周期等识别。先识别花纹的周期性, 然后在一个周期花纹上划分重复区域作为节距, 得到各个节距之间的比例信息, 运用轮廓提取和种子填充算法对轮胎花纹块进行辨识; 通过循环向下搜索边界的办法查找出花纹槽的 4 个顶点, 作出中心线, 进而得到花纹槽的宽度、高度、倾斜角、弯曲度等结构参数信息。

关键词: 低噪声轮胎; 花纹结构; 结构参数; 快速辨识

对块槽发声机理分析得出, 轮胎花纹结构参数是轮胎噪声主要的影响因素。轮胎花纹发声的三大准则: (1) 花纹块发声与其面积有关, 与其形状基本无关; (2) 花纹槽发声与其长度、走向、宽度、弯曲度有关, 与其深度基本无关; (3) 花纹节距的排列组合及其分布比例对轮胎噪声影响很大。花纹块、槽、节距等参数的识别对低噪声轮胎花纹设计十分重要。

1 花纹周期的辨识

1.1 转化为[0-1]矩阵辨识

将整条轮胎花纹二值化, 块的部分由 1 组成, 槽的部分由 0 组成, 从而整条轮胎花纹被转化为一个由 0 和 1 组成的矩阵(如图 1 所示)。

```
11100...00111...00011...00000
11000...01111...00111...00111
.....
00011...11100...00111...11100
```

图 1 轮胎花纹二值化矩阵

对花纹周期辨识后, 再分析其他参数信息。目前周期性花纹轮胎的花纹大部分分 4 个周期, 因此我们直接在轮胎花纹 40 线扫描 2 048 点转周采样后平均分为 4 段, 检验它是否具有周期性, 如果有周期性则进入下一步进行节距识别, 否则进行整条轮胎的识别。

具体的识别方法是循环判断得到的 40 行 2 048 列矩阵的第 j 列、第 $(j+512)$ 列、第 $(j+$

$1\ 024)$ 列、第 $(j+1\ 536)$ 列是否相同, 其中 $0 < j < 512$ 。如完全相同则花纹具有周期性, 不完全相同则不具有周期性。

1.2 周期人工快速辨识方法

用直尺将轮胎花纹等分为 4 份, 然后用直尺对距离 $1/4$ 花纹长度的花纹图案进行比较, 观察是否相同, 若各点均相同则表示轮胎花纹具有周期性, 否则不具有周期性。

2 花纹节距的辨识

花纹图像重复区域的查找是节距识别的关键, 识别得到的重复区域作为一个节距存放。仍然采用 40 线扫描和 2 048 点采样, 结果如图 2 所示。采样后点矩阵的重复区域就是花纹节距, 如图 3 所示。显而易见, 由结构值[0-1]相同的矩阵 I, II 得到节距排列, 但这不是唯一的解, 有多种解。

也可用直尺, 以类似花纹周期人工快速辨识方法辨识节距。

```
11100---00111---00011---00000
11000---01111---00111---00111
.....
00011---11100---00111---11100
00111---11000---00000---11000
```

图 2 花纹矩阵采样

I	II
11100	11100...00011...00000
11000	11000...00111...00111
.....	
00011	00011...00111...11100
00111	00111...00000...11000

图 3 花纹节距辨识

3 花纹块的参数辨识

3.1 种子填充辨识方法

由于花纹块的发声与花纹块面积有关,因此识别花纹块的主要任务是识别出花纹块的面积。

第一步,对花纹块图案用图像处理中轮廓提取方法提取花纹块的轮廓,然后用中心线扫描的方法确定形状不规则的花纹块中的一个像素为种子,利用种子填充算法获得每个花纹块的面积。

第二步,将花纹块转变为矩形块。每一矩形块与其对应花纹块高度相同,面积相等。

3.2 人工快速辨识方法

准备一块刻满相互外切圆的正方形透明模板(长度 l),如图 4 所示。模板上的圆直径越小,花纹块的辨识精度越高。将模板放在花纹块的图案上,数其中黑色圆个数,记为 n 。

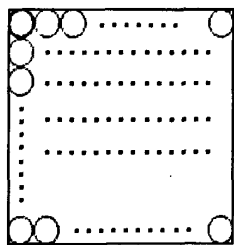


图 4 透明模板

设圆的半径为 r ,则圆的面积为 πr^2 ,此时得到圆的总面积为 $n\pi r^2$,圆面积和模板面积之间的误差(η)为:

$$\eta = \frac{(l^2 - n\pi r^2)}{l^2} \cdot 100\% \quad (1)$$

被测花纹块面积为(S):

$$S = \frac{n\pi r^2}{(1 - \eta)} \quad (2)$$

在花纹块边缘,不满一圆的花纹面积采用四

舍五入的办法计算,即不到半个圆的面积不计,否则计入,取舍两部分面积尽量接近。

4 花纹槽的参数辨识

4.1 计算机辨识

按第二发声准则,花纹槽的发声与槽的长度、宽度、走向、曲度有关,因而其辨识过程较繁琐。首先确定花纹槽的位置和轮廓,使其成为一个闭合区域,然后进行图案反色,计算花纹槽的角度,勾勒花纹槽的形状,然后将花纹槽单独提取出来,通过转换,可使槽显现出来成为“块”,再按照花纹块的方法来处理。具体的处理步骤如下。

1. 轮胎花纹图像的降噪预处理主要是消除花纹图像上一些孤立点,如果一个黑点的上下左右都是白点,则说明该点是在图像扫描进入计算机时出现的干扰信号,将该点变为白色;同理,白色的孤立点变为黑色。

2. 轮胎花纹转化为 0 和 1 的位图以后,一般是以 1 表示花纹块,0 表示花纹槽,花纹纵向槽由于发出的声音小,可不计入,故首先要处理其中的纵向槽,提取出其中的非纵向槽,如图 5 所示。其中一些经 Autocad 转化后的图像往往带有一定的毛刺,因此在同一行如果白点极少,最好消去,以便后面搜索顶点。同时记录消去的行数,方便后面将图像恢复原貌。

3. 向下循环搜索得到槽顶点坐标。首先将

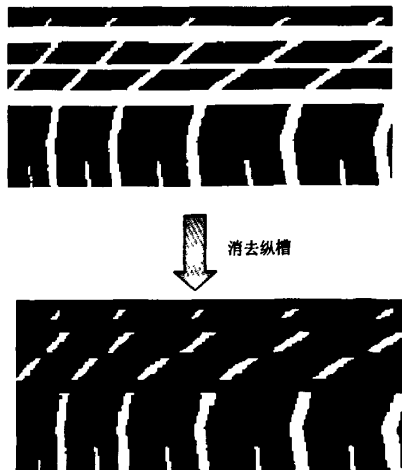


图 5 花纹槽处理

轮胎花纹反色,使花纹槽变为黑色。得到槽的各个参数的前提条件是识别槽 4 个顶点的坐标信息,仔细分析花纹槽 4 个顶点,不难得到他们分别具有如下特征。

左上顶点 (x, y) : 该点上面一行(第一行除外)的附近区域全部为白点,该点同行左边一点 $(x-1, y)$ 为白色,该点自身为黑色,同行右边一点 $(x+1, y)$ 为黑色。

右上顶点 (x, y) : 该点上面一行(第一行除外)的附近区域全部都为白点,该点同行左边一点 $(x-1, y)$ 为黑色,该点自身为黑色,同行右边一点 $(x+1, y)$ 为白色。

左下顶点和右下顶点与上面类似。

判断出左顶点之后,搜索该点下一行附近是否有左边白、右边黑、自身黑的点出现,若有则将它作为临时顶点继续向下循环搜索,直到出现左下顶点的特征点为止,将得到的左右顶点的坐标都记录下来。

4. 判断出花纹槽的长度、宽度、倾斜度、弯曲度。假设上面所判断出来的 4 个顶点的坐标分别为:左上顶点 (x_1, y_1) ,右上顶点 (x_2, y_1) ,左下顶点 (x_3, y_2) ,右下顶点 (x_4, y_2) ,如图 6 所示。

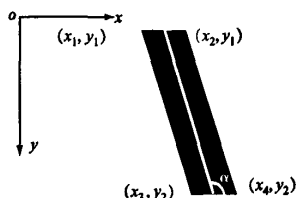


图 6 花纹槽顶点坐标

由此可以得到上边线中点坐标为 $[(x_1 + x_2)/2, y_1]$,下边线中点坐标为 $[(x_3 + x_4)/2, y_2]$,槽长度(中线长度, h)为:

$$h = \sqrt{[(x_1 + x_2)/(x_3 + x_4)/2]^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

花纹槽倾斜角(α)为:

$$\sin \alpha = |y_2 - y_1| / h \quad (4)$$

$$\alpha = \arcsin |y_2 - y_1| / h$$

槽宽度(d)为:

$$d = |x_2 - x_1| \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

并不是所有轮胎花纹槽都是直线型,现代设计的轮胎花纹槽往往为曲线型,这样花纹槽有一

个弯曲度,弯曲度增大,花纹槽的发声增大。

首先将纵坐标 y_1 与 y_2 之间的花纹槽分为 4 等份,各等分段端点纵坐标分别为:

$$Y_1 = y_1, y_1 + (y_2 - y_1)/4,$$

$$y_1 + 2(y_2 - y_1)/4, y_1 + 3(y_2 - y_1)/4,$$

$$Y_4 = y_2$$

根据纵坐标,分别向槽的两边寻找槽在该坐标水平方向的左右 2 个边界点,求取这 2 个边界点的中点,从而得到 3 个近似于槽的中点,将这个点和上下边界的 2 个中点连接,可以得到一段由 4 个线段组成的折线(长度为 l_1, l_2, l_3, l_4),这条折线的总长度 $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$,如图 7 所示。

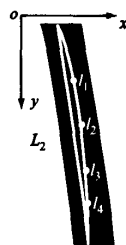


图 7 花纹槽分段

花纹槽的弯曲度(ζ)为:

$$\zeta = kL/h \quad (6)$$

式中 k 为调整因数。

5. 将花纹槽转化为类似花纹块,如图 8 所示。花纹槽转换成方块图面积(S')为:

$$S' = \varphi \cdot \xi \cdot h \cdot d \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

式中 φ 为转换因数。

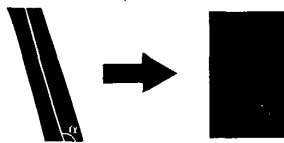


图 8 花纹槽转换花纹块示意

4.2 人工快速辨识方法

花纹槽的长度和宽度可用直尺直接测试,花纹槽倾角采用量角器直接量取上下两边界中点连线与边界的夹角,花纹槽弯曲度采用曲度板量取。

5 花纹块槽辨识流程

5.1 块辨识流程

轮胎花纹块辨识流程如图 9 所示。

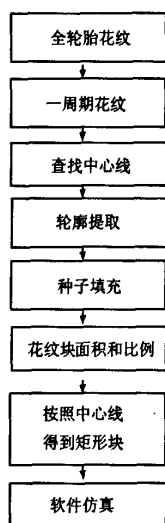


图 9 花纹块辨识流程

某轮胎花纹块辨识数据见表 1。

表 1 轮胎花纹块辨识数据

项 目	块 号			
	1	2	3	4
种子数	9 660	13 248	16 698	10 224
面积/mm ²	123.2	168.9	212.9	130.4

5.2 槽辨识流程图及实例

轮胎花纹槽辨识的流程如图 10 所示。

某轮胎花纹槽辨识数据见表 2。

5.3 误差分析

种子填充算法是通过微机运行相关程序,用成千上万个种子统计面积,从而辨识块的面积,所得结果的误差很小。人工识别方法通过刻有方格或圆的透明模板统计块的面积,有一定误差,但可以经分析后纠正,例如对于 $|x|$ 方块,若填入 n 个半径为 r 的小圆,则其实际面积(S_1)为:

$$S_1 = l^2 = (2r\sqrt{n})^2 = 4nr^2$$

以小圆计算的面积(S_2)为:

$$S_2 = n\pi r^2$$

$$\text{令 } q = S_1/S_2 = 4/\pi = 1.273$$

由此可见, q 跟圆半径 r 和 n 和块面积无关。对任何大小的块花纹,只要累加圆总的面积,然后乘以 $q=1.273$,即可得到真实面积 $S_1 = q \cdot S_2$,但圆必须与块边缘相切,否则会产生误差。

对方块面积辨识最大误差估计,若两边都超出半圆,则由

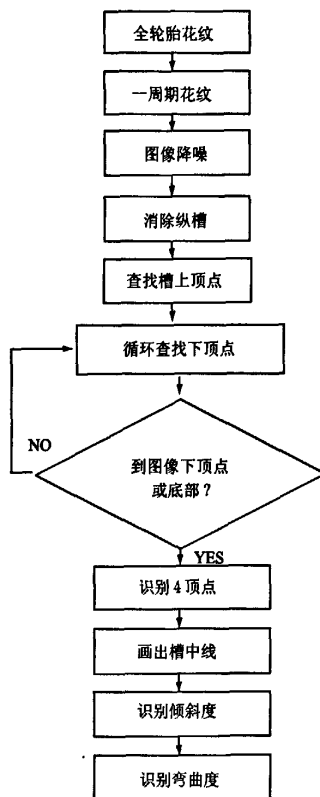


图 10 花纹槽辨识流程

表 2 轮胎花纹槽辨识数据

项 目	槽 号			
	1	2	3	4
长度/mm	32.2	34.3	32.6	30.1
宽度/mm	10.4	11.2	9.8	10.5
角度/(°)	20.2	21.5	25.0	24.3
曲度	1.32	1.23	1.24	1.19

$$l = 2r\sqrt{n} \text{ 即 } r = \frac{l}{2\sqrt{n}}$$

未计入的最多是半个圆,其累计误差面积(S_0)为:

$$S_0 = \frac{\pi r^2}{2} \cdot (2\sqrt{n}) = \frac{\pi l^2}{4\sqrt{n}} = 0.785 \cdot \frac{S_1}{\sqrt{n}}$$

如 n 取 100,则 $S_0 = 0.0785 S_1$, S_1 的最大误差为 7.85%,由于人为取舍两部分数据接近,故实际误差远小于最大误差小。如果用方格透明模板,计算面积直接统计方格数量就可,不乘以 q 因子。对各种形状的花纹,均可做类似分析。

对于弯槽,弯曲度(ξ)与弧长(L_2)和弦长(h_2)

之间的关系为:

$$\xi_2 = kL_2/h_2$$

弧的最大弯曲度不超过半圆弯曲度,用 4 等分弧连接而成的折线来近似表示弧线,如图 11 所示。显然, $\alpha = \pi/4$,则有

$$L = \bar{ab} = \pi r$$

$$L_2 = 4 \cdot 2r \cdot \sin \frac{\partial}{2} = 8r \sin \frac{\partial}{2}$$

弧长最大误差(φ)为:

$$\varphi = \frac{L_0 - L}{L} = 1 - \frac{8r \sin \frac{\partial}{2}}{\pi r} = 0.025$$

弯曲度最大误差(ϵ)为:

$$\epsilon = \left| \frac{\xi - \xi_2}{\xi} \right| = \left| 1 - \frac{\xi_2}{\xi} \right| = \left| 1 - \frac{kL_2/h_2}{kL/h_2} \right| = \varphi = 2.5\%$$

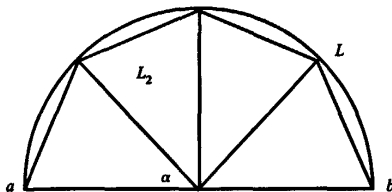


图 11 用折线示意弧线

6 结语

本文介绍的轮胎花纹周期、节距、块、槽等重要参数的快速辨识方法以及手工快速识别方法值得低噪声轮胎设计借鉴,有利于大大缩短低轮胎开发周期和节省开发经费。

东京大学研制出新型导电橡胶材料

据日本《科学》报导,东京大学关谷毅科研小组用碳纳米管研制出了新型可导电橡胶材料。该材料既可导电,又可弯曲和拉伸。

科研小组将可导电的长长的碳分子链混入橡胶聚合体中,形成基础材料,然后将其与一层微小晶体管矩阵附着在一起,并进行测试。

科研小组将一片材料拉伸到差不多原来尺寸两倍长的位置,然后让其缩回原状,发现晶体管矩阵并未被破坏,导电性依然存在。

报告称,该材料可使电路装在许多现在不可能装配的位置上,包括任意弯曲的表面和可活动部件,例如机器人的手臂关节。

另据报导,该材料导电性是普通橡胶导电性的 570 倍。如果将其用在金属线路上,可成为具备弹性的集成电路,将原来的尺寸延至 1.7 倍,缠绕在弯曲的表面上,不会造成机械伤害或是导电性能的重大改变。

该材料最大可伸展至其原来大小的 2.3 倍,但其导电性将会降低近一半。当材料被拉伸 38% 时,其导电性能不受明显影响。

据研究人员介绍,用该材料可以制成“电子皮肤”,可以像人的皮肤一样感觉到热和压力。该材料若用于汽车方向盘表面材料,可以分析司机排汗、体温和其他数据,并判断出司机是否适合驾驶。该材料可以制成床垫,以观察卧床病人身体

变化,进行调整治疗。

研究人员称,在未来几年内,该材料可能真正用于实际。

晓白

东洋公司新增 10 个规格轮胎

东洋轮胎美国公司近日宣布,该公司将新增 10 个规格的轿车轮胎和轻卡/SUV 车轮胎。具体规格如下。Proxes T1R; 245/40ZR20; Proxes R8; 245/40ZR17 和 315/35ZR17; Proxes ST II; 245/50R20, 265/45R22, 285/40R22 和 305/30R26; Open Country H/T; P245/60R18; Open Country A/T; P265/60R18; Open Country M/T; 33×10.50R15LT。

罗永浩

杜邦推出引擎罩部件用 TPE 新牌号

近日,美国杜邦工程聚合物公司推出了一种热塑性弹性体(TPE)新牌号,适合制造引擎罩部件。新牌号 TPE 能够耐受高温,并且具有优异的耐油性能。HytrelAC801 NCO10 是一种聚酯基 TPE,耐热性能更佳,适用于工作温度高达 150℃ 的领域。杜邦还开发出两种新型热塑性硫化橡胶(TPV)材料,即 ETPY95A02HSBK001 和 ETPY95A02NC010,可用于吹塑成型的通风管道、注射成型的密封件和管塞产品等。

崔小明

低噪声轮胎花纹结构参数的快速辨识

作者: [车勇](#), [陈理君](#), [刘造](#), [陈弘](#)
作者单位: [车勇, 陈理君, 刘造 \(武汉理工大学, 湖北, 武汉, 430070\)](#), [陈弘 \(杭州中策橡胶股份有限公司, 浙江, 杭州, 310016\)](#)
刊名: [橡胶科技市场](#)
英文刊名: [CHINA RUBBER SCIENCE AND TECHNOLOGY MARKET](#)
年, 卷(期): 2008, 6 (19)
被引用次数: 2次

引证文献(2条)

- [陈义庆](#) [低噪声轮胎花纹参数优化研究](#)[学位论文]硕士 2009
- [车勇](#) [轮胎噪声的预测方法与试验研究及优化设计](#)[学位论文]博士 2010

引用本文格式: [车勇](#). [陈理君](#). [刘造](#). [陈弘](#) [低噪声轮胎花纹结构参数的快速辨识](#)[期刊论文]-[橡胶科技市场](#) 2008 (19)