

# Preliminary Analysis and Design of the Tire Tread

Li Yang<sup>1</sup>, Yingying Wang<sup>1</sup>, Xinrui Yu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot

<sup>2</sup>School of Computer Science, School of Software Engineering, Inner Mongolia University, Hohhot

Email: [yangli1nmgdx@163.com](mailto:yangli1nmgdx@163.com), [358384394@qq.com](mailto:358384394@qq.com), [1974338823@qq.com](mailto:1974338823@qq.com)

Received: Sep. 2<sup>nd</sup>, 2014; revised: Oct. 3<sup>rd</sup>, 2014; accepted: Oct. 11<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Tire tread is an important factor in determining tire performance. Many factors influence the design of the tread. By analysing the common factors that affect vehicle, we use the analytic hierarchy model to determine the appropriate pattern for each factor. To avoid excessive AHP subjective factors, we use vector normalized to obtain weight data, and computer programming to get specific data. After comparing the data, we determined the appropriate pattern for each factor. After random combinations of the various sub-factors of the optimal basic tire tread, we get a new tire tread and the basic retrieval table through comprehensive analysis. When we know the type of vehicle, road conditions, the use of demand, we can design a suitable tire tread according to this model. Finally, the model has been tested and confirmed that it can be used to design a tire tread in line with actual production.

## Keywords

Tire Tread, AHP, Vector Normalization, Comprehensive Analysis

---

# 轮胎花纹的初步分析与设计

杨 丽<sup>1</sup>, 王颖颖<sup>1</sup>, 余新蕊<sup>2</sup>

<sup>1</sup>内蒙古大学生命科学学院, 呼和浩特

<sup>2</sup>内蒙古大学计算机学院, 软件学院, 呼和浩特

Email: [yangli1nmgdx@163.com](mailto:yangli1nmgdx@163.com), [358384394@qq.com](mailto:358384394@qq.com), [1974338823@qq.com](mailto:1974338823@qq.com)

收稿日期: 2014年9月2日; 修回日期: 2014年10月3日; 录用日期: 2014年10月11日

## 摘要

轮胎花纹是决定轮胎性能的重要因素，影响胎面花纹设计的因素较多，本文从常见影响车辆行驶的因素入手，采用层次分析模型确定每个因素的合适图纹。为避免层次分析法中过多的主观因素影响，采用向量归一化得到权重数据，计算机编程得到具体数据，数据比较后确定出每个因素的最适图纹；对各个因素下合适的基本轮胎花纹进行随机组合，形成一款新的胎面花纹，综合分析确立轮胎花纹的基本检索表。当同时知道车辆类型、路面条件、使用需求时，便可以根据本模型设计出一种合适的轮胎花纹。最后通过已有轮胎花纹对模型进行检验，证实本模型设计出的轮胎花纹符合实际生产的需要。

## 关键词

轮胎花纹，层次分析法，向量归一化，综合分析

## 1. 引言

轮胎花纹设计作为轮胎产品设计的重要内容,是轮胎开发中最为核心的技术部分[1]。轮胎花纹的设计需要考虑很多因素，如何保证轮胎与路面之间保持良好的接地性能，减少轮胎花纹的发热，减少轮胎表面的应力集中现象，提高轮胎花纹的耐磨性[2]等。要针对具体情况设计出一种合适的花纹，就要将这些情况综合考虑起来建立模型。轮胎的花纹是复杂的，取有限元的一段轮胎进行分析，可以将花纹割裂成几种曲线的组合，通过分析每个子因素，找到最佳的基本花纹，再将各个花纹进行组合形成一款新的胎面花纹，进而得到一种普遍性的数学模型，用于根据实际情况设计出合适的轮胎花纹。

## 2. 汽车轮胎花纹模型的建立

我们首先设有 4 种基本的轮胎花纹分别为抛物线、直线、环状、双曲线[3]。采用层次分析模型分析，首先将影响设计轮胎花纹的因素分为车辆情况、路面条件、使用需求，再对这三个因素进行细致的划分，通过查阅大量的相关资料，建立子准则层的成对比较阵，通过一致性检验后，分析得到特征向量和权向量，得到每一个小的影响因素对应的合适基本花纹。最后利用多种轮胎花纹组合特征的综合分析，得到花纹设计的方案(图 1)。

### 2.1. 假设：

- 1) 轮胎与地面接触的有效面积相同；
- 2) 不考虑轮胎材料因素；
- 3) 各种轮胎花纹深度相同。

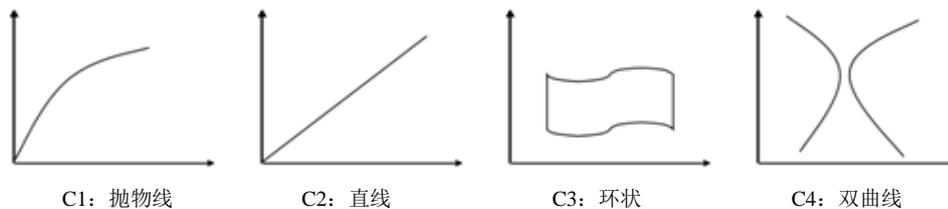


Figure 1. Tire tread pattern diagram  
图 1. 花纹的模式图

### 2.2. 根据对车辆情况分析, 得到 4 种花纹因素对子准则层的成对比较阵

根据汽车车级分类标准以及查阅相关文献[4]-[8], 本文现将车辆分为以下七大类。由于车辆用途、速度等情况不同, 对于轮胎的胎面花纹设计也有不同的要求[9], 如单导向花纹(对应于抛物线花纹)具有最佳的制动性能和排水性能, 适合用于小型高速轿车。

$$\begin{aligned}
 \text{小型车 } B1 &= \begin{bmatrix} 1 & 5 & 1/5 & 1/3 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 1/2 \\ 3 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} & \text{厢式货车 } B2 &= \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1/3 & 1/5 \\ 1/2 & 3 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 5 & 2 & 1 \end{bmatrix} & \text{公交车 } B3 &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 1/5 & 1/4 \\ 3 & 5 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\
 \text{重型卡车 } B4 &= \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/7 & 1/3 \\ 4 & 1 & 1/2 & 2 \\ 7 & 2 & 1 & 4 \\ 3 & 1/2 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} & \text{摩托车 } B5 &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 2 & 1/3 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 1/5 \\ 2 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix} & \text{拖拉机 } B6 &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/5 & 1/3 \\ 1/2 & 1 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \\
 \text{非机动车 } B7 &= \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 2 & 1/2 \\ 3 & 1 & 5 & 2 \\ 1/2 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 2 & 1/2 & 3 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

### 2.3. 根据对使用需求分析, 得到 4 种花纹因素对子准则层的成对比较阵

$$\begin{aligned}
 \text{抓地力 } D1 &= \begin{bmatrix} 1 & 7 & 1/2 & 1/3 \\ 1/7 & 1 & 1/4 & 1/5 \\ 2 & 4 & 1 & 2/3 \\ 3 & 5 & 3/2 & 1 \end{bmatrix} & \text{价格 } D2 &= \begin{bmatrix} 1 & 6 & 5 & 3 \\ 1/6 & 1 & 2/3 & 1/3 \\ 1/5 & 3/2 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} & \text{噪声 } D3 &= \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/3 & 1/2 \\ 4 & 1 & 3 & 4 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 2 & 1/4 & 2 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

### 2.4. 根据对路面条件分析, 得到 4 种花纹因素对子准则层的成对比较阵:

$$\begin{aligned}
 \text{干路面 } E1 &= \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 5 & 3 \\ 7 & 1 & 7 & 7 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1/7 & 3 & 1 \end{bmatrix} & \text{湿路面 } E2 &= \begin{bmatrix} 1 & 5 & 1/5 & 1/3 \\ 1/5 & 1 & 1/7 & 1/5 \\ 5 & 7 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \\
 \text{公路 } E3 &= \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 3 & 1/3 \\ 5 & 1 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1/7 & 1 & 1/5 \\ 3 & 1/5 & 5 & 1 \end{bmatrix} & \text{砂石路 } E4 &= \begin{bmatrix} 1 & 5 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 3 & 1/5 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 1/7 \\ 3 & 5 & 7 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

## 3. 利用层次分析法解决车辆情况、使用需求、路面条件下各因素对应最佳花纹

其中最大特征值  $\lambda$ 、一致性指标  $CI$  分别为:

( $A$  表示准则层车辆情况、路面条件和使用需求的判断矩阵,  $W_i$  为特征向量  $W$  的第  $i$  个元素,  $(AW)_i$  为  $AW$  的第  $i$  个元素。)

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \tag{1}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

$RI$  为随机一致性指标, 定义一致性比率为  $CR = \frac{CI}{RI}$ , 当  $CR < 0.1$  时认为  $A$  的不一致性程度在允许范围之内, 可用其特征向量作为权向量。

利用 Visual C++6.0 软件, 对于上述每一个矩阵进行一致性检验:

$$\text{小型车 } B1(W_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.108696 & 0.357143 & 0.135135 & 0.178457 \\ 0.021739 & 0.071429 & 0.054054 & 0.178457 \\ 0.543478 & 0.357143 & 0.270270 & 0.107181 \\ 0.326087 & 0.214286 & 0.540541 & 0.535906 \end{bmatrix}$$

$$B1(W_i) = \begin{bmatrix} 0.779430 \\ 0.325678 \\ 1.278073 \\ 1.616819 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{归一化}} W = \begin{bmatrix} 0.194858 \\ 0.081420 \\ 0.319518 \\ 0.404205 \end{bmatrix}$$

可求得  $\lambda_{\max} = 4.026$ ,  $CI = 0.0087$ , 经查表,  $n = 4$  时,  $RI = 0.90$ ,  $CR = 0.0097 < 0.1$ , 认为一致性检验可以接受。权向量  $\beta_{B1} = (0.19, 0.08, 0.32, 0.40)$

$$\text{即: } \begin{bmatrix} C1 \\ C2 \\ C3 \\ C4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.19 \\ 0.08 \\ 0.32 \\ 0.40 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{最适花纹}} C4$$

同理可得各个因素的权向量及其最适花纹, 汇总为表 1:

#### 4. 综合上述分析可以得到轮胎花纹组合检索表

见附录。

### 5. 模型检验

#### 5.1. 农业机械拖拉机

农业机械拖拉机在实际生活中需要泥地耕作, 因此轮胎花纹设计时需要考虑抓地力及适应泥地行驶, 避免因摩擦力不足导致轮胎下陷泥地, 为农业生产造成不便。经检索发现在有限元的轮胎模块中, 综合分析得到 2C3: C4 为最佳花纹组合, 符合实际生产中羊角花纹轮胎。

#### 5.2. 小轿车

小轿车需要在公路上高速驰骋, 而且要满足大众的购车经济需求。经检索发现 C4: C2: C1 为最佳花纹组合, 在实际生活可以找到小轿车的轮胎花纹设计与此吻合。

### 6. 模型优化

该模型解决了轮胎花纹的选用问题, 但实际生活中花纹的倾斜程度、花纹沟的深浅以及花纹对称性

**Table 1.** Weight vector of each factor and optimum tire tread  
**表 1.** 各个因素的权向量及其合适花纹

|     | 车辆情况 $B_i$ |       |       |       |       |       |       | 使用需求 $D_i$ |       |       | 路面条件 $E_i$ |       |       |       |
|-----|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 子因素 | $B_1$      | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $B_5$ | $B_6$ | $B_7$ | $D_1$      | $D_2$ | $D_3$ | $E_1$      | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ |
| 方案  | C4         | C1    | C3    | C3    | C4    | C3    | C2    | C4         | C1    | C2    | C2         | C3    | C2    | C4    |

等因素也影响花纹的设计。我们将已有的轮胎花纹进行图形抽离，组合图形为基本几何图形；调查研究发现，较深的花纹不利于轮胎散热，使胎温上升加快，花纹根部因受力严重会易撕裂和脱落，而花纹过浅则影响其贮水、排水能力，容易产生有害的“滑水现象”[10]。不对称轮胎能把轮胎接触到的水引向汽车内侧，是汽车的抗离心力加大，轮胎对路面的吸附力增强[11]……因此需要结合实际的需求情况，进一步对持久耐用、抓地力等做出检验。

## 7. 模型评价

### 7.1. 模型优点

在本模型中，我们将层次分析模型和花纹组合特征的综合分析相结合，第一部分使用层次分析模型找到了影响花纹设计的三大因素下各个小的因素的最适花纹，第二部分将找到的花纹进行组合，得到概率值，当给出车辆情况、路面条件和使用的需求时本模型能够设计出一种符合要求的胎面花纹。

### 7.2. 模型缺点

我们将轮胎的花纹分为4种，将轮胎有限元化，虽然4种基本的花纹可以随机组合，但由于组合情况复杂，本模型未涉及到将选出的最佳花纹以如何角度进行组合，并且在实际生产过程中，仅将轮胎花纹简单的进行“1+1+1”组合，具有一定的局限性。但是本模型可以根据实际需求条件，找到具体花纹的随机组合，故总体来讲，模型比较合理。

## 致 谢

衷心感谢审稿人的宝贵建议和意见，使本文更加严谨！

## 参考文献 (References)

- [1] 鲁军 (2013) 基于自定义特征的轮胎花纹参数化设计的研究. 硕士论文, 合肥工业大学, 合肥.
- [2] 梁守智, 钟延堃, 张丹秋 (1993) 橡胶工业手册. 化学工业出版社, 北京.
- [3] 张彦辉, 刘小君, 王伟, 等 (2007) 潮湿路面上胎面花纹对轮胎附着性能的影响. *农业工程学报*, **23**, 33-38.
- [4] 孟华东, 邓晨, 苏扬, 王鹏 (2011) 基于 Bayes 网络的微波视频融合车辆分类. *清华大学学报(自然科学版)*, **1**, 135-140.
- [5] 荣建, 刘小明, 任福田, 邢惠臣 (1999) 基于高速公路通行能力分析的车辆分类研究. *中国公路学报*, **3**, 82-89.
- [6] 李国强 (2007) 基于图像处理技术的车辆分类研究. 硕士论文, 长安大学, 西安.
- [7] 冯佳明 (2011) 基于特征的车辆分类研究. 硕士论文, 云南大学, 昆明.
- [8] 张伟, 谭国真, 丁男, 商瑶 (2008) 基于邻接传感器及神经网络的车辆分类算法. *通信学报*, **11**, 139-144.
- [9] 李健 (2013) 车辆轮胎痕迹特征分析与鉴定技术的研究. 硕士论文, 长安大学, 西安.
- [10] 申瑞利 (2012) 浅析轮胎花纹对轮胎使用的影响. *露天采矿技术*, **B08**, 83-85.
- [11] 苏冬梅 (2012) 汽车轮胎花纹的功用和设计要素. *农机使用与维修*, **2**, 93-93.

## 附录

Tire tread combination keys  
轮胎花纹组合检索表

| 使用需求 |         | D1       |          |          | D2       |          | D3       |          |
|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 路面情况 |         | E1       |          | E2       |          | E3       |          | E4       |
| 车辆情况 |         | B1       | B2       | B3       | B4       | B5       | B6       | B7       |
| 花纹组合 | D1:E1:B | C4:C2:C4 | C4:C2:C1 | C4:C2:C3 | C4:C2:C3 | C4:C2:C4 | C4:C2:C3 | C4:C2:C2 |
|      | D1:E2:B | C4:C3:C4 | C4:C3:C1 | C4:C3:C3 | C4:C3:C3 | C4:C3:C4 | C4:C3:C3 | C4:C3:C2 |
|      | D1:E3:B | C4:C2:C4 | C4:C2:C1 | C4:C2:C3 | C4:C2:C3 | C4:C2:C4 | C2:C2:C3 | C4:C2:C2 |
|      | D1:E4:B | C4:C4:C4 | C4:C4:C1 | C4:C4:C3 | C4:C4:C3 | C4:C4:C4 | C4:C4:C3 | C4:C4:C2 |
|      | D2:E1:B | C1:C2:C4 | C1:C2:C1 | C1:C2:C3 | C1:C2:C3 | C1:C2:C4 | C1:C2:C3 | C1:C2:C2 |
|      | D2:E2:B | C1:C3:C4 | C1:C3:C1 | C1:C3:C3 | C1:C3:C3 | C1:C3:C4 | C1:C3:C3 | C1:C3:C2 |
|      | D2:E3:B | C1:C2:C4 | C1:C2:C1 | C1:C2:C3 | C1:C2:C3 | C1:C2:C4 | C1:C2:C3 | C1:C2:C2 |
|      | D2:E4:B | C1:C4:C4 | C1:C4:C1 | C1:C4:C3 | C1:C4:C3 | C1:C4:C4 | C1:C4:C3 | C1:C4:C2 |
|      | D3:E1:B | C2:C2:C4 | C2:C2:C1 | C2:C2:C3 | C2:C2:C3 | C2:C2:C4 | C2:C2:C3 | C2:C2:C2 |
|      | D3:E2:B | C2:C3:C4 | C2:C3:C1 | C2:C3:C3 | C2:C3:C3 | C2:C3:C4 | C2:C3:C3 | C2:C3:C2 |
|      | D3:E3:B | C2:C2:C4 | C2:C2:C1 | C2:C2:C3 | C2:C2:C3 | C2:C2:C4 | C2:C2:C3 | C2:C2:C2 |
|      | D3:E4:B | C2:C4:C4 | C2:C4:C1 | C2:C4:C3 | C2:C4:C3 | C2:C4:C4 | C2:C4:C3 | C2:C4:C2 |