

参赛队号#1802

第七届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛 承 诺 书

我们仔细阅读了第七届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们接受相应处理结果。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛队号为：1802

参赛队员（签名）：

队员 1：王发令

队员 2：邓志强

队员 3：潘威

参赛队教练员（签名）：梁明

参赛队伍组别：大学本科组

参赛队号#1802

第七届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

编号专用页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）：1802

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

参赛队号#1802

2014 年第七届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛第一阶段论文

题 目 A 题 轮胎的花纹

关键词 轮胎花纹 噪声 耐磨性 附着系数 操控性

摘要:

本文针对不同轮胎的花纹设计，其作用影响了轮胎性能，在噪声，耐磨性，附着系数及操控性相关因素下，建立相关数学模型，通过模型分析车胎花纹的最佳设计方案。使得汽车轮胎性能得到最佳程度，从而确定车胎花纹最佳适应范围。

针对车胎花纹最佳适应范围的问题：我们分析了影响车胎性能四个因素是与轮胎花纹相关的，即噪声、耐磨系数、附着系数、操控性。忽略其它因素如载荷、充气压力、磨损情况、胎面材料性能及环境的温度对轮胎影响。通过对四个因素进行考虑分析，查找相关资料，可以获得与这些因素有关的图像，表格还有公式，这样就清晰地发现其变化趋势，然后采用最优化分析方法，建立数学模型，在理想的模型中它是稳定可靠的，从而得出我们所需要的最佳轮胎花纹适应范围。最后，我们对模型进行了优缺点分析与评价，并根据所得出的结论给出了相关需要改进提高的地方。

参赛队号#1802

参赛队号： 1802

所选题目： A 题

参赛密码 _____
(由组委会填写)

英文摘要（选填）

Different tires decorative pattern design, the author of this paper, the effect the tires performance, in the noise, wear resistance, adhesion coefficient and handling the relevant factors, the relevant mathematical model is established, through the model analysis, the optimal design of tire pattern. Makes the car tires performance is the best, to determine the scope of the tire pattern best adaptation.

In view of the tire pattern best adapt to the range of problems: we analyzed the four factors that affect the tire performance is related to the tire pattern, namely, noise, wear-resisting coefficient, adhesion coefficient, and handling. Ignore other factors such as load, charge pressure, wear, tire tread material performance and environmental temperature on impact. Through the analysis of the four factors are considered, find relevant information, can get the images of the related to these factors, forms and formula, so it is clearly found that the change tendency, then USES the optimization analysis method, the mathematical model is set up, it is stable and reliable in the ideal model, calculated the best tires decorative pattern to adapt to the scope of what we need. Finally, we analysis and evaluation on the advantages and disadvantages of the model was carried out, and according to the conclusion gives the related need to improve.

一、问题的重述

轮胎被广泛使用在多种陆地交通工具上。根据性能的需要，轮胎表面常会加工出不同形状的花纹。在设计轮胎时，往往要针对其使用环境，设计出相应的花纹形状。

第一阶段问题：对于不同的轮胎花纹设计方案，请建立合理的数学模型，以确切地分析其性能特性，并确定轮胎的最佳适用范围。

二、符号说明

dB ——噪声强度

v ——汽车速度

Radial Position——径向位置

Lateral Position——横向位置

Wear (TP-0、A、B)——不同花纹磨损度

Origin Shape(TP-0、A、B)——源形状

Wom mass——磨损质量

Distance——距离

TP-*——不同花纹的类别

F ——载荷力

σ ——路面粗糙度

α ——楔角度数

M ——为单轮模型质量

ω ——为车轮旋转角速度

w ——车辆垂直载荷

T_u ——为制动器制动力矩

F_{xb} ——为地面制动力

F_z ——为地面对车轮的法向反作用力

r ——为车轮半径。

I ——车轮转动惯量

S ——车轮滑移率

ϕ ——附着系数

G ——为车辆重力

F_{z1} 、 F_{z2} ——前、后轮法向反作用力

F_{xb1} 、 F_{xb2} ——前、后轮地面制动力

h_g ——为车辆质心高度

L ——为车辆轴距

a 、 b ——车辆质心至前、后轴中心线的距离

F_j ——为车辆减速惯性力

MP***、S-***——轮胎花纹种类

三、问题分析

首先对于轮胎的花纹进行分类，可以分成三类即横向花纹、纵向花纹、混合花纹。然后考虑各种花纹设计与噪声，耐磨性，附着系数，操纵性的关系进行数学模型的构建。由模型得出系列结果从而确定轮胎最佳使用范围。

四、模型的假设

- 假设 1：轮胎为横向花纹、纵向花纹、混合花纹。
- 假设 2：花纹影响到轮胎的性能有噪声、耐磨性、附着性、操控性。
- 假设 3：地点为高速公路。
- 假设 4：路面为干沥青路和湿沥青路。
- 假设 5：只研究汽车轮胎。

五、模型的建立和求解

轮胎胎面花纹的类型，直接关系到轮胎的使用性能。因此，选好轮胎胎面花纹，是提高轮胎行驶里程的重要途径之一。随着轮胎工业的发展，花纹的类型也相应地变得更复杂，为求适用、美观和满足不同用途轮胎的需求，胎面花纹是按轮胎的类型、结构特征和使用条件的要求而设计的。

1、轮胎的花纹类型

(1)、横向花纹

横向花纹的横向刚度要远大于其纵向刚度，这主要是由横向花纹横向连续而纵向断开的特点，但横向花纹的轮胎当汽车高速行进时转弯过程中容易产生侧滑现象而不利于操控，容易引起交通事故；横向花纹的轮胎滚动阻力比纵向花纹大，这使得在同样的使用期限内横向花纹的轮胎的磨损程度要比纵向花纹轮胎大得多。横向花纹轮胎适用于需要较大牵引力的中型或重型货车在硬质路面上使用。

(2)、纵向花纹

纵向花纹的特点与横向花纹恰恰相反，由于纵向刚度大，横向刚度小，行驶过程中滚动阻力也小，轮胎与路面之间摩擦产生的热量不会积累而能够较快的排除；缺点是路面上的碎石子容易嵌入轮胎的花纹沟槽。总的来说，纵向花纹适合轿车、轻型车等在比较洁净、行车环境良好的城市路面上行驶。

(3)、混合花纹

混合花纹是纵横兼有花纹，介于纵向花纹和横向花纹之间，在胎面中部和接近胎肩的两边分别具有曲折形的纵向花纹和横向花纹，轮胎无论在纵向还是横向都具有较高的抗滑能力，这种特性决定了纵横兼有花纹具有很强的适应能力，因此得到了大量的应用，既适合轿车使用又适合货车使用，同时对路面的条件没有太高的要求。

参赛队号#1802

图 1-1、1-2、1-3 为本文所采用的三种不同的轮胎花纹。



1-1 横向花纹



1-2 纵向花纹



1-3 混合花纹

2、不同的胎面花纹对噪声的影响分析

2.1 轮胎种类与噪声水平^[1]

2.1.1 载重（公共）轮胎噪声

载重（公共）汽车轮胎在 80 km/h 速度下的实车惯行试验测定例，如图 2-1 所示。

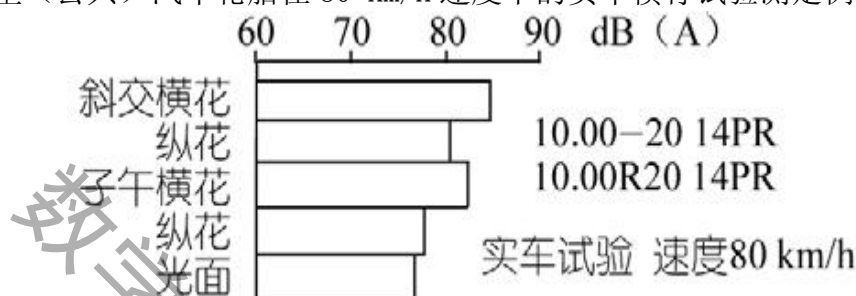


图 2-1 载重（公共）汽车轮胎噪声强度

从图 2-1 中看出，纵向花纹轮胎远比横向花纹、子午线结构这些斜交轮胎安静。以 dB(A) 表示的噪声程度，一辆装用斜交轮胎的载货汽车[约为 85 dB(A)]相当于子午线轮胎载货汽车[约为 78 dB(A)]5 辆放射出的噪声。而且越远越为安静，距离为 2 倍时，噪声程度仅为其 1/4。因为减少了 7 dB，纵向花纹子午胎要距离斜交横向花纹轮胎 2.2 倍的远处，才能听到同等程度的噪声。由于空气压力变动的大小（振幅）标准值之比是以对数表示，因而即使以 dB 显示的很小差异，其噪声程度却出现意外大的差别。另外，无花纹的光胎面轮胎也显示此花纹轮胎要更为安静。

2.1.2 乘用车轮胎噪声同样，在 80 km/h 行驶的条件下，乘用车轮胎的实车惯行试验测定例，详见图 2-2。图 2-2 中显示，雪地花纹的斜交乘用车轮胎的噪声强度特别大，已接近纵向花纹的斜交载重轮胎的程度。另外，斜交纵向花纹、子午块状和纵向花纹，依次安静性变好。同时，同一轮胎外径互换为扁平化规格时，以 80 系列为基准，70、60 及 50、40 的扁平化轮胎的噪声强度，依次分别要高 0.9~1.6 dB(A)。由此可见，扁平化轮胎虽然运动性能比一般轮胎要好，但也存在着噪声增大的缺点。按分贝计算，载重汽车与乘用车比较，同为子午线轮胎时，一辆载重汽车[约 78 dB(A)]放射的噪声，相当于 5 辆乘用车[约 71 dB(A)]的射出的强度。而斜交横向花纹轮胎的载重汽车一辆，更要相当于子午纵向花纹轮胎的乘用车 25 辆的噪声强度。

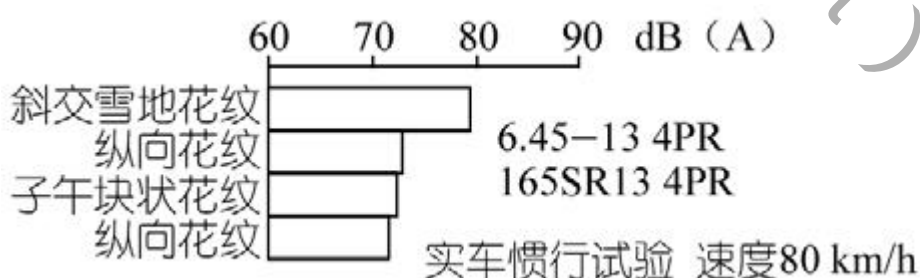


图 2-2 乘用车轮胎噪声强度

2.1.3 使用和行驶条件与轮胎噪声

轮胎噪声是随行驶速度而同时增大，详见图 2-3。

参赛队号#1802

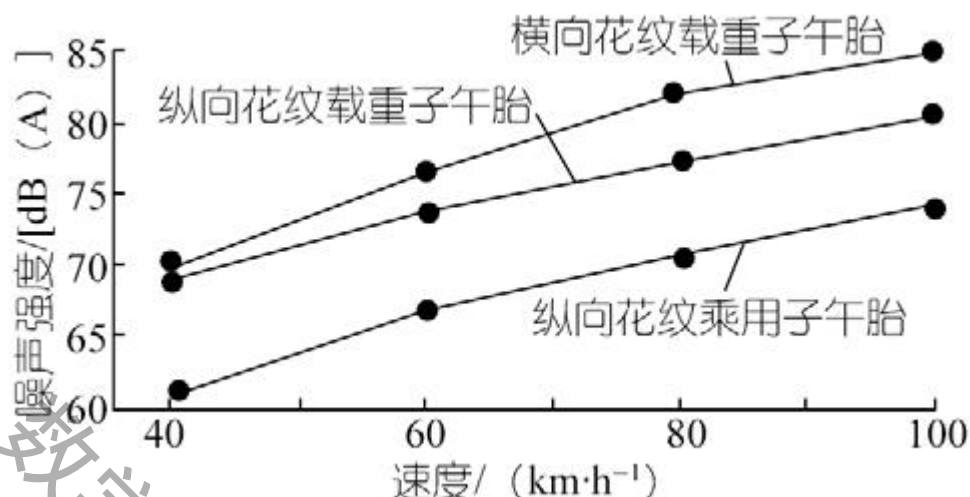


图 2-3 轮胎噪声的速度依存性（实车惯行试验）

噪声强度是随速度 v 的对数成比例增大，一般以式（1）来表示：

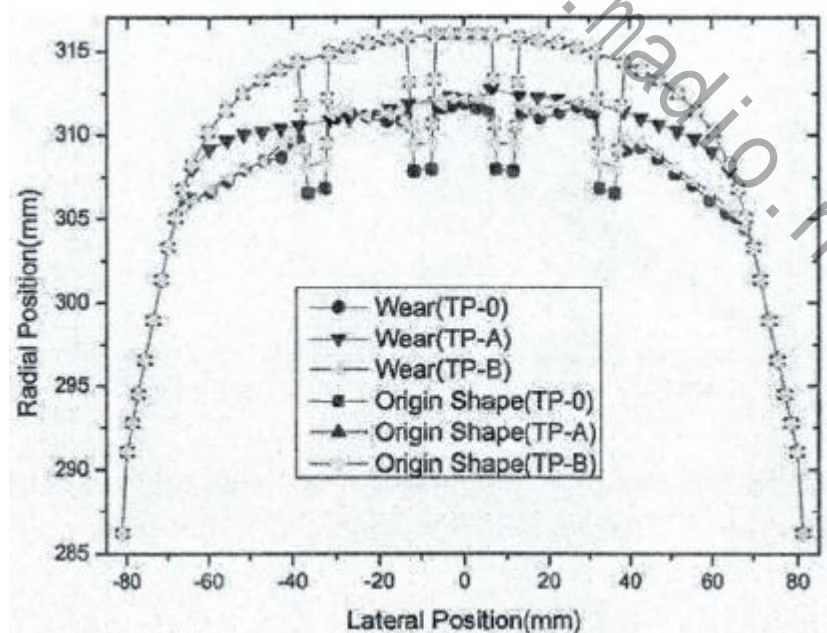
$$\text{噪声强度} \quad [dB(A)] = k_1 \log v + k_2 \quad (1)$$

速度 v 的倾斜度视轮胎的种类而变。对载重轮胎来说，横向花纹比纵向花纹的速度依存性大。对纵向花纹轮胎来讲，负荷和气压对噪声没有什么影响，然而对于横向花纹则是随负荷的增加而增大，并且随气压降低而增大。

通过以上数据分析可知在噪声方面纵向花纹比横向花纹更优越。

3、不同的胎面花纹对耐磨性的影响分析

图 3-1 为不同沟深截面磨损轮廓对比^[2]，由图可见，随着沟深不断减小，磨损深度也逐渐减小；光面轮（沟深为零）磨损深度最小，且胎面磨损分布较为均匀。



Radial Position——径向位置

Lateral Position——横向位置

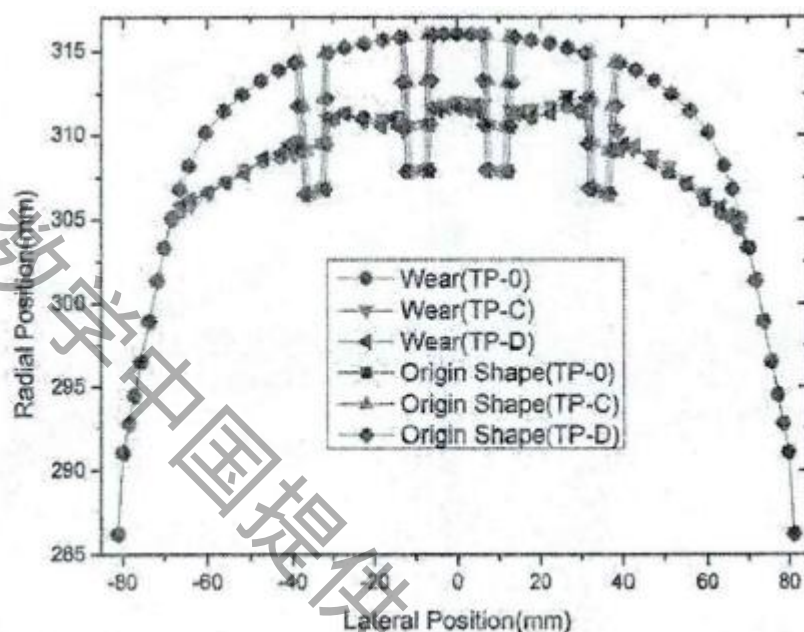
Wear (TP-0、A、B)——不同花纹磨损度

Origin Shape(TP-0、A、B)——源形状

参赛队号#1802

图 3-1 不同沟深截面磨损轮廓对比

图 3-2 为不同沟宽截面磨损轮廓对比, 由图可见, 在所考察的沟宽范围内磨损轮廓无明显差异。



Radial Position——径向位置

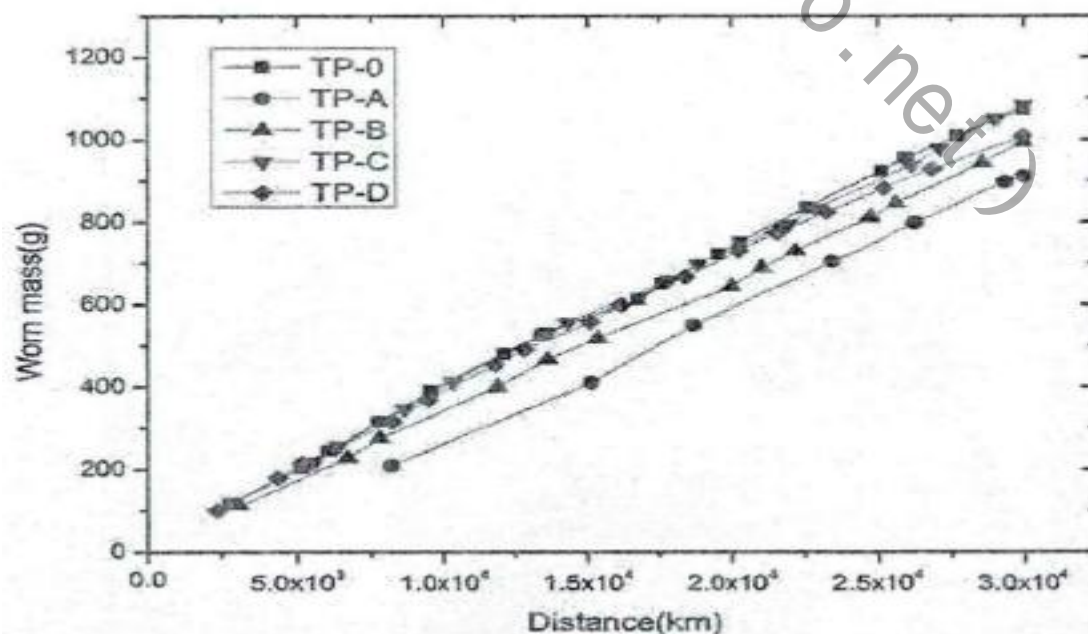
Lateral Position——横向位置

Wear (TP-0、A、B)——不同花纹磨损度

Origin Shape(TP-0、A、B)——源形状

图 3-2 不同沟宽对胎面磨损轮廓影响

从不同胎面花纹结构轮胎胎面磨损速率对比(图 3-3)可以看出, 随着沟深的减小, 胎面磨损速率降低, 而沟宽改变时胎面磨损速率基本不变。



参赛队号#1802

Wom mass——磨损质量

Distance——距离

TP-*——不同花纹的类别

图 3-3 不同胎面花纹结构轮胎胎面磨损速率对比

4、不同胎面花纹对附着系数的影响分析

4.1 在湿沥青路上三种不同花纹的比较^[3]

4.1.1. 胎面单元的垂直变形

由于胎面单元为柔性单元, 所以胎面单元在受到液膜压力作用时会在垂直方向上产生变形, 该变形影响了液膜厚度反过来又改变了液膜压力”下面取交叉花纹胎面单元的垂直变形为例进行分析”图 4-1 为在载荷 $F=1N$, 路面粗糙度 $\sigma=0.5mm$, 速度 $v=10m/s$, 楔角 $\alpha=1.5^\circ$ 时光滑胎面单元和交叉花纹胎面单元在下降后期(0.5ms)的垂直变形”

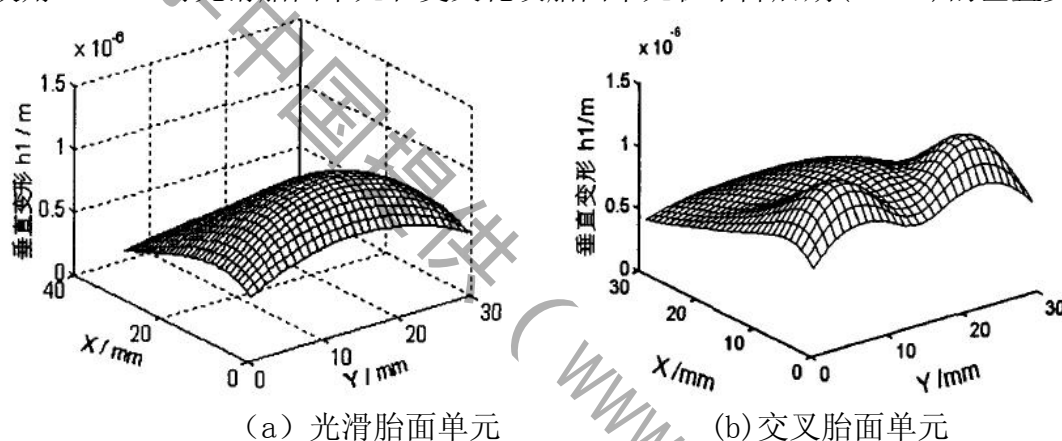


图 4-1 光滑胎面单元和交叉花纹胎面单元的垂直变形

由上图可以看到, 光滑胎面单元在液体压力作用下, 在垂直方向的变形为反碗状”变形部分驻留了大量液体无法排出, 这对轮胎的抗滑水能力是非常不利的”交叉胎面单元由于花纹的排水作用, 花纹位置的变形明显减小, 大大减少了胎面单元变形部分的液体驻留, 这对胎面单元在湿滑路面上附着性能的提升是显而易见的”上图的光滑胎面单元和交叉胎面单元在下降了相同时间后, 它们的名义高度相差较大, 这也说明了交叉花纹对轮胎附着性能的提升。

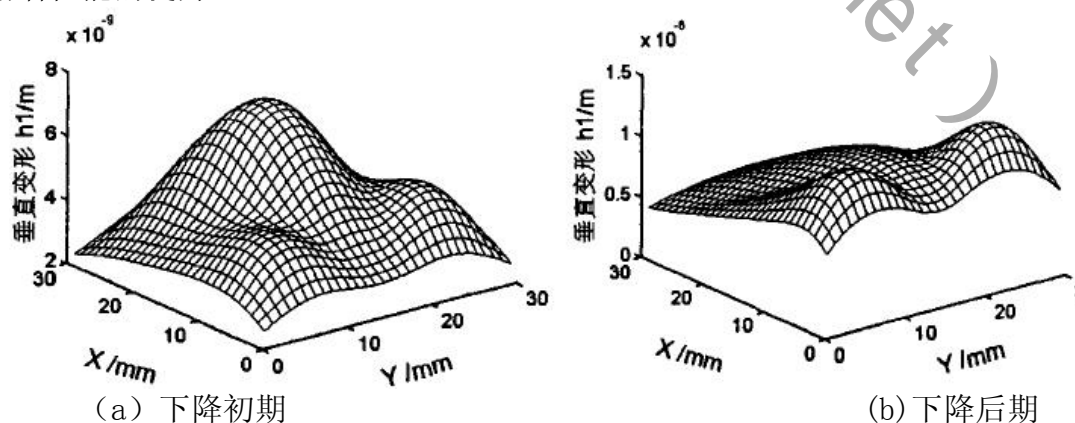


图 4-2 交叉花纹胎面单元在不同时期的垂直变形

图 4-2 为载荷 $F=1N$, 路面粗糙度 $\sigma=0.5mm$, 速度 $v=10m/s$, 楔角 $\alpha=1.5^\circ$ 时交叉花纹胎面单元在下降初期(0.01ms)和后期(0.5ms)的胎面单元变形曲面”可见, 在变形初

参赛队号#1802

期和后期,胎面单元的变形曲面在形状上发生很大的改变”在对液体压力和固体承载力所引起的胎面变形进行分别计算后发现,在下降初期对胎面变形起主要作用的是液体压力;随着液膜厚度的减小,固体压力的作用逐渐增大,到了下降后期固体压力对胎面单元变形起主要作用”。

本文对轮胎在潮湿路面上附着性能的研究中,把胎面单元随时间下降的过程曲线进行比较,在其他条件相同的情况下,下降较快的胎面单元其附着性能也相对较好”这就得出不同胎面单元在不同条件下的附着性能对比。

4.1.2 不同轮胎花纹在同一楔角下对胎面单元附着性能的影响

图 4-3 为 $F=1N$, $\sigma=0.5mm$, $v=0m/s$ 时不同花纹胎面单元在不同楔角下的膜厚/时间曲线

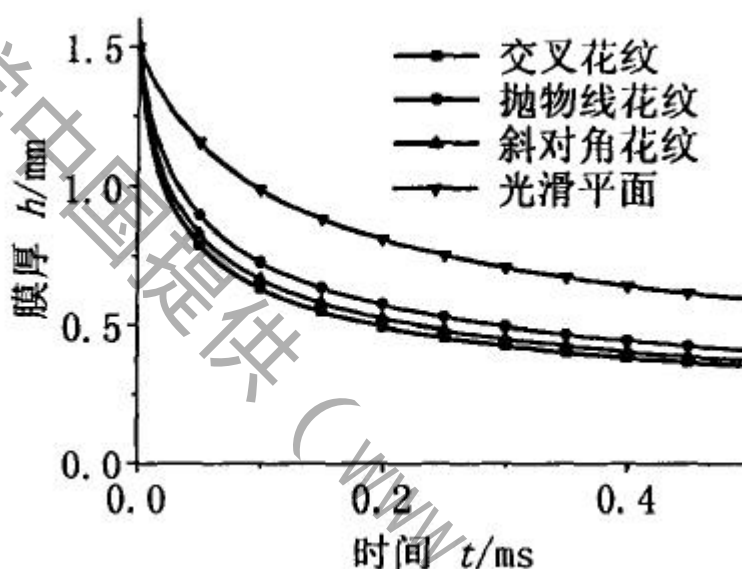


图 4-3 不同花纹胎面单元相同楔角下的膜厚/时间曲线

由上图可以发现,在胎面单元的滑动速度为零时,也就是胎面单元未受到动压作用时,其他条件不变时,交叉花纹附着性能最好。

4.1.3 不同轮胎花纹在不同外载荷对胎面单元附着性能的影响

图 4-4 为 $\alpha=1.5^\circ$, $\sigma=0.5mm$, $v=10m/s$ 时不同花纹胎面单元在不同外载荷下的厚度/时间曲线

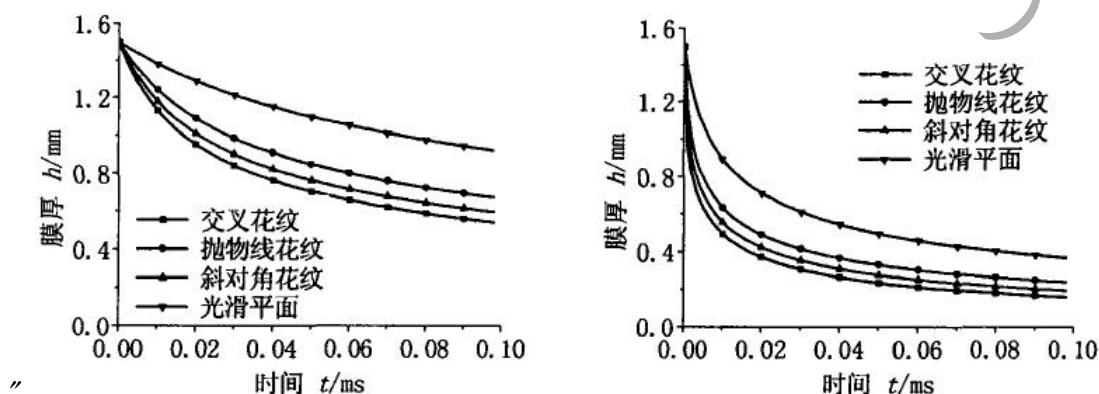


图 4-4 不同花纹胎面单元在不同外载荷下的膜厚/时间曲线

由上图可以看出,当胎面单元的外载荷增大时,各种花纹胎面单元下降速度的提升都十分明显”且在相同的外载荷条件下对不同花纹性能比较都可以得到,交叉花纹的附着性能最好,光滑胎面单元的附着性能最差”。

结论：在外载荷条件以及楔角等其他条件不变的前提下，交叉花纹的附着性能最好。

4.2 在干沥青路上三种不同花纹的比较^[4]

忽略空气阻力与滚动阻力，车辆在制动时的单轮模型如图 4-5 所示。

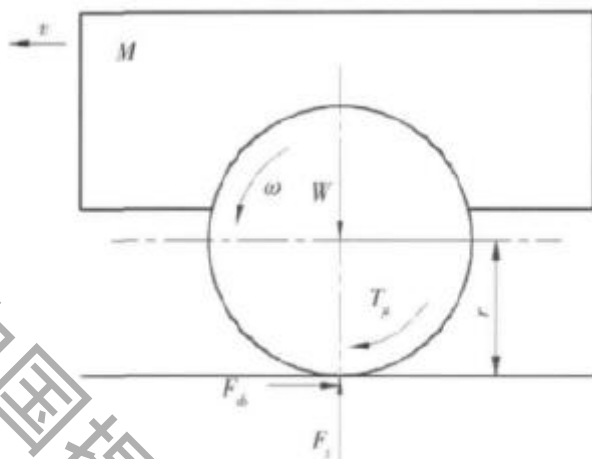


图 4-5 车辆制动时单轮模型

设车轮转动惯量为 I ，车轮滑移率为 S ，利用附着系数为 φ 则车辆制动时单轮动力学方程如下

$$\frac{Mdv}{dt} = F_{xb} \quad (2)$$

$$\frac{Id\omega}{dt} = F_{xb}r - T_u \quad (3)$$

$$\varphi_b = F_{xb}/W = F_{xb}/F_z \quad (4)$$

$$S = (v - \omega r)/v \quad (5)$$

注： M ——为单轮模型质量
 ω ——为车轮旋转角速度
 W ——车辆垂直载荷
 T_u ——为制动器制动力矩
 F_{xb} ——为地面制动力
 F_z ——为地面对车轮的法向反作用力
 r ——为车轮半径。

参赛队号#1802

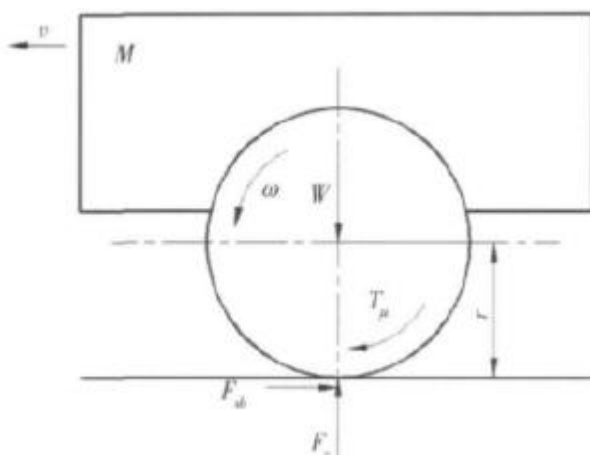
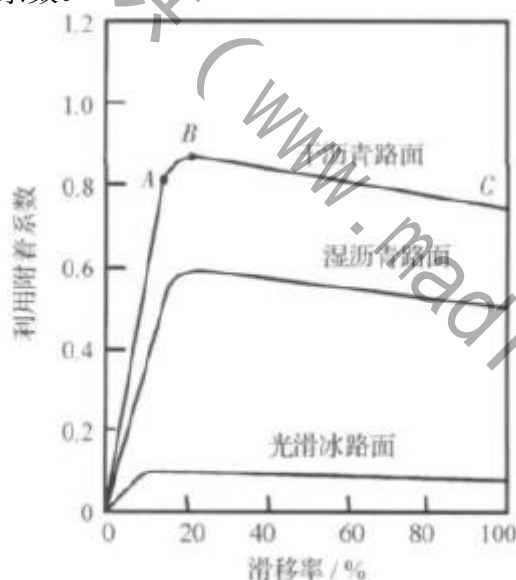


图 4-6 车辆制动时单轮模型

利用附着系数 ϕ_b 、地面制动力 F_{xb} 与车辆垂直载荷 w 的比值，在不同附着系数路面上 ϕ_b 与车轮滑移率 S 的关系曲线如图 4-7 所示。对于同一路面， $\phi_b - S$ 曲线的斜率可分为三种情况，稳定区域 OA 段，曲线近似直线，斜率保持为较大数值；局部滑动 AB 段，曲线斜率显著减小至零附近， ϕ_b 增加速度变慢；动态滑动 BC 段，由于动摩擦因数小于静摩擦因数，曲线斜率为负值， ϕ_b 逐渐降低。对于不同的路面， $\phi_b - S$ 曲线的稳定区域斜率、局部滑动区利用附着系数存在明显差异，通过检测曲线斜率或利用附着系数，即可折算出轮胎与地面间的附着系数。

图 4-7 不同路面上的 $\phi_b - S$ 曲线

通过 $\phi_b - S$ 曲线斜率识别路面附着系数时，需要大量地面制动力 F_{xb} 与车轮滑移率 S 的数据才能拟合出曲线的斜率，而且两个信号都含有较大噪声，存在实时性不好的缺点。

4 附着系数估算方法

由 $\phi_b - S$ 曲线可知，轮胎与路面间的附着系数 ϕ 可近似取为车轮进入局部滑动区域的利用附着系数 ϕ_{hb} 。利用踏板位置传感器和减速度传感器获得制动器制动力 F_u 与地面制动力 F_{xb} ，当 F_u 大于 F_{xb} 时，则判断车轮进入局部滑动区域， ϕ_{hb} 为此此时地面制动力 F_{xb} 与车轮法向反力 F_z 的比值，其中 $F_{xb} = Mdv/dt$ 。车辆在制动过程中，由于减速度的存在，会发生载荷转移。忽略滚动阻力、空气阻力及旋转质量的惯性力偶，车辆在水平路面上制动

参赛队号#1802

时的受力情况如图 4-8 所示。 G 为车辆重力， F_{z1} 与 F_{z2} 为前、后轮法向反作用力， F_{xb1} 与 F_{xb2} 为前、后轮地面制动力， h_g 为车辆质心高度， L 为车辆轴距， a 与 b 为车辆质心至前、后轴中心线的距离， F_j 为车辆减速惯性力。

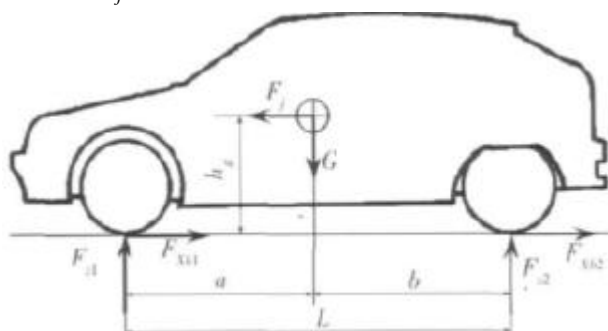


图 4-8 制动时的车辆受力情况

分别对后轮、前轮接地点取力矩，设车辆总质量为 m ，则

$$F_{z1}L = Gb + \frac{mdv}{dt}h_g \quad (6)$$

$$F_{z2}L = Ga - \frac{mdv}{dt}h_g \quad (7)$$

上面仅以水平路面直线制动为例，坡道制动、弯道制动时的各轮地面法向反作用力可类似求出，从而由式 (4) 可求出利用附着系数 ϕ_{hb} ，并以此作为轮胎与路面间的附着系数。参照多种不同路面的 $\phi_b - S$ 曲线，利用这种检测方法获得的轮胎与路面附着系数与实际峰值附着系数的数值对比如表 1 所示，测得数值能够较为准确地反应实际情况，并可通过数值修正，进一步提高检测精度。

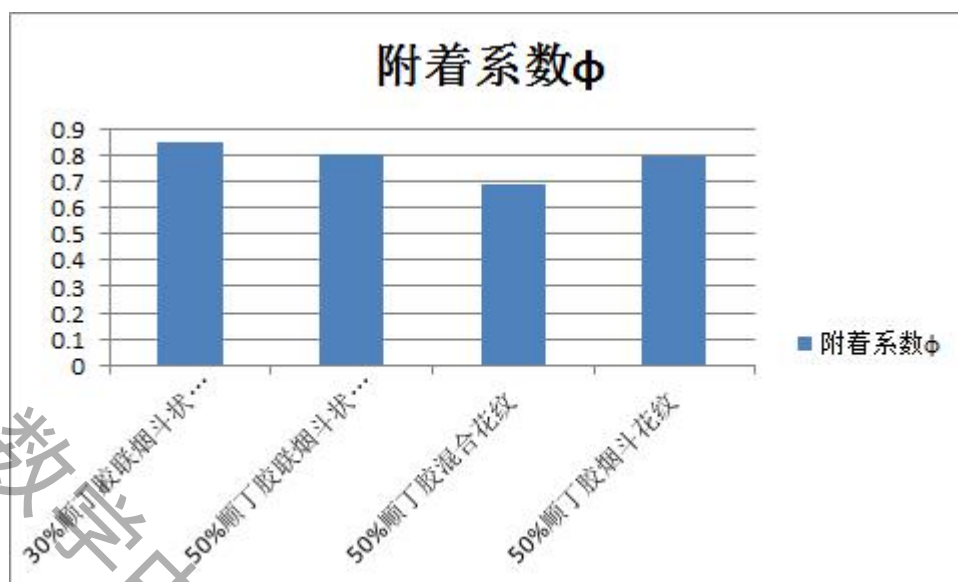
路面	干沥青路面	湿沥青路面	干土路	湿土路	冰路面
峰值附着系数	0.85	0.62	0.66	0.55	0.10
测得附着系数	0.81	0.60	0.63	0.53	0.08

表 4-9 轮胎与地面附着系数数值对比表

下表数据为^[5]中的截取部分数据

列号	花纹样式 A	附着系数
试验号		
1	30%顺丁胶联烟斗状花纹	0.85
2	50%顺丁胶联烟斗状花纹	0.80
3	50%顺丁胶混合花纹	0.69
4	50%顺丁胶烟斗花纹	0.79

参赛队号#1802



图表 4-10 不同花纹在干沥青路上的附着系数

由上图表可知：30%顺丁胶联烟斗状花纹轮胎>50%顺丁胶联烟斗状花纹>50%顺丁胶烟斗花纹>50%顺丁胶混合花纹。

因为载货车以烟斗花纹为主最为常用，而载货车一般以横向花纹轮胎为主，故可判定烟斗状花纹即横向花纹，因此，在干的沥青路面上，横向花纹的附着系数最大，即附着性能最好。

5、不同胎面花纹对操纵性的影响分析

5.1 胎面花纹密度系数主要对轮胎与路面间的实际接触面积，胎面花纹的贮水、排水能力和胎面切向刚度等有影响。显然，胎面花纹密度系数越大，轮胎与路面间的实际接触面积就越大，这可增加轮胎与路面间的附着能力。但胎面花纹密度系数增加后，在胎面花纹深度一定的情况下，将降低胎面花纹的贮水和排水能力。当路面上水膜较厚时，轮胎与路面间实际接触区域内的水就可能没完全排出，从而降低了轮胎在路面上的附着能力。另外，胎面花纹密度系数的增加还将显著提高胎面切向刚度，使胎面在切向力作用下产生的变形量比预期值下降，从而改变摩擦力的方向。胎面花纹深度对轮胎滚动阻力有较显著的影响，胎面花纹越深，则轮胎滚动过程中产生的弹性变形量就越大，由弹性滞后而形成的滚动阻力就越大。另外，较深的胎面花纹将影响轮胎散热，使轮胎温升加快；但胎面花纹太浅又将影响其贮水、排水能力和切向变形能力。此外，确定胎面花纹深度时还需考虑磨损余量的因素。

轮胎的高宽比等其它结构参数对轮胎与路面间的摩擦也有一定的影响。高宽比越大，轮胎滚动时产生的弹性变形就越大，由弹性滞后效应产生的滚动阻力就越大。

轮胎在潮湿路面上滚动时，由于水的润滑作用，其与路面间的摩擦系数将会显著下降。为了提高摩擦系数，应尽量使轮胎与路面接触区域里的水从接触区域排出，以增加轮胎与路面间的实际接触面积。为此，可采取下面几种措施：

- 适当减小轮胎的胎面花纹密度系数，增大胎面花纹的贮水和排水能力。
- 改变胎面花纹的图案，以便水从接触区域出(如在粗花纹基础上再刻细花纹)。

图 5-1 是一种可增加轮胎与路面间直接接触面积的胎面花纹形式，当轮胎与路面间有水时，左边的胎面花纹较易变形，可向两侧张开，使胎面的贮水能力增加，从而减少水进入轮胎与路面接触区域的可能性。



图 5-1 一种可增加贮水能力的胎面花纹形式

- c. 在路面的横向上做成一定的坡度，以便于宏观排水。
- d. 在路面的横向上做出一定密度和深度的沟槽，以便水从轮胎与路面的接触区域排出。
- e. 适当降低汽车的行驶速度。水从轮胎与路面的接触区域排出是需要一定时间的，当汽车行驶速度太高时，本来可以排出的水就可能来不及排出，从而使轮胎与路面间的摩擦系数降低。而且当路面水膜较深时，只要汽车行驶速度高于某一临界速度，轮胎与路面间就会发生水滑效应，从而使汽车完全失去操纵性。另外，无论采取何种措施，轮胎与湿路面间的摩擦系数总是要降低的，因此降低车速有助于保证汽车的安全行驶。

冰和雪的摩擦特性决定了轮胎与结冰路面及雪地之间的摩擦系数总是非常低的，在 0°C 附近尤为低。因为此时摩擦产生的热会使冰或雪融化产生水，而水的润滑作用将使摩擦系数进一步降低。为了提高摩擦系数，同样应尽量使融化产生的水从轮胎与路面的接触区域排出，以增加轮胎与路面直接接触的面积。

5.2 其它因素的影响

对轮胎与路面间摩擦有影响的因素很多，除上述因素之外，还有载荷、充气压力、磨损情况、胎面材料性能及环境的温度和湿度等。

在坚硬的路面上，如果轮胎充气压力较低，则它在滚动中所产生的弹性变形就较大，由弹性滞后而造成的滚动阻力也就较大。但较低的充气压力将有助于增加轮胎与路面间的直接接触面积，从而提高轮胎与路面间的附着能力。与此相反，如果轮胎的充气压力较高，则其滚动阻力就相对较小，轮胎与路面间的附着能力也将减小。虽然轮胎在坚硬地面上的滚动阻力随胎压的增加而减少，但在土等变形地面上，胎压高时地面变形功将增大，因而滚动阻力增大；而胎压低时地面变形减小，轮胎变形增大，弹性滞后损失增加，故对某一特定的地表条件存在一最佳的胎压值。

胎面磨损对轮胎与路面间的摩擦有较大的影响。胎面磨损后将显著降低胎面花纹的贮水和排水能力，从而使轮胎与湿路面间的摩擦系数降低。胎面磨损后还将增加其切向刚度，使胎面在切向力作用下的变形情况与设计值发生较大的差异，从而改变了轮胎与路面间摩擦力的方向，这会使有效摩擦力值显著降低。

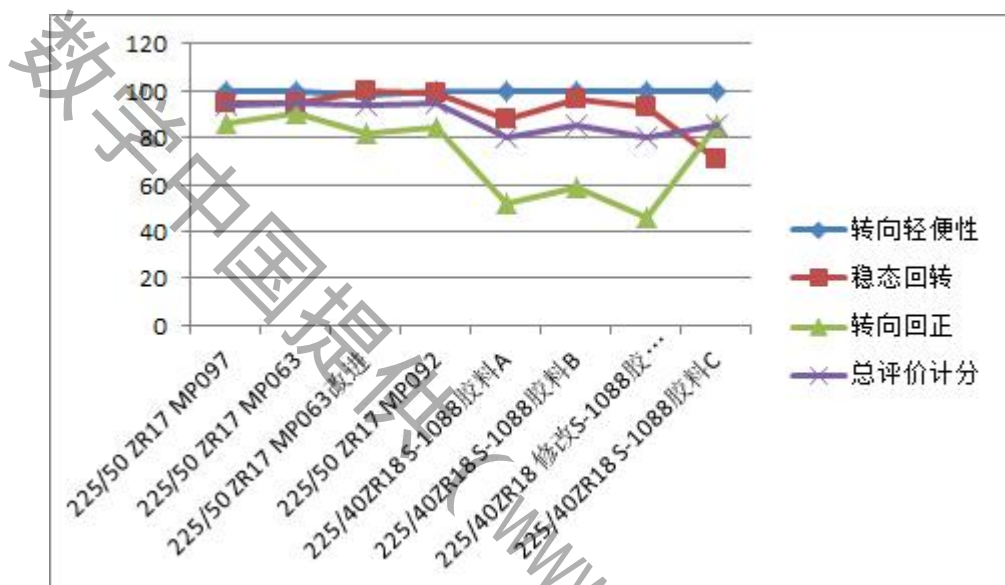
图表 5-2 是某轮胎厂两种型号轮胎装配在同一台轿车上的操纵性实验数据。

从图表 5-2 数据可以看出 225/40ZR18 轮胎较 225/50 ZR17 轮胎的操纵性差；胎面材料及轮胎花纹对操纵性影响不是很大。

注：MP***、S-***代表轮胎花纹种类。

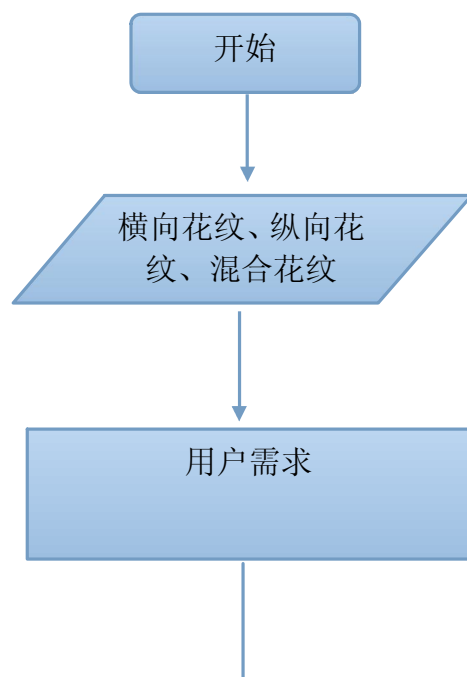
参赛队号#1802

操纵性实验数据				
试验轮胎	转向轻便性	稳态回转	转向回正	总评价计分
225/50 ZR17 MP097	100	95	86.3	93.8
225/50 ZR17 MP063	100	94.9	90.2	95
225/50 ZR17 MP063改进	98.3	100	81.4	94.1
225/50 ZR17 MP092	100	99.2	84.3	94.5
225/40ZR18 S-1088胶料A	100	88.1	52	80
225/40ZR18 S-1088胶料B	100	96.1	58.8	85
225/40ZR18 修改S-1088胶料C	100	93.3	45.7	79.7
225/40ZR18 S-1088胶料C	100	70.7	85.5	85.4

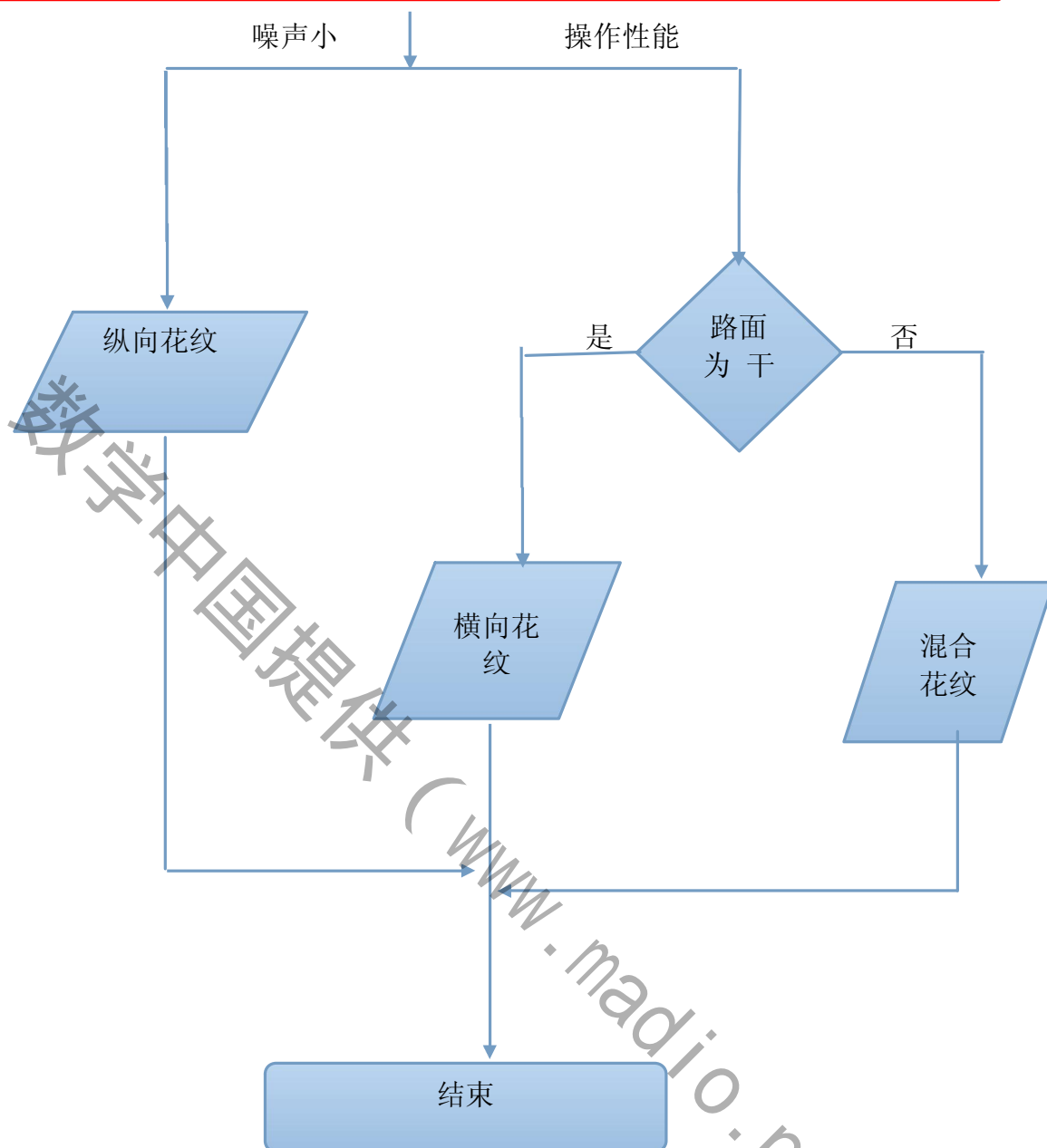


图表 5-2 轮胎厂两种型号轮胎装配在同一台轿车上的操纵性实验数据

6、模型的优化



参赛队号#1802



六、模型的优缺点

模型优点：1、轮胎花纹设计在实际应用中，可以使得汽车更适应环境的变化，提高轮胎的整体性能。2、在分析过程中考虑了三种轮胎花纹各自特点，还有其产生的作用效果。3、通过花纹设计与噪声、附着系数、耐磨性、操纵性关系进行整合优化得出最佳使用范围。

模型缺点：1、忽略对轮胎的影响还有载荷、充气压力、磨损情况、胎面材料性能及环境的温度和湿度等。2、缺少定量性的数据分析，而且本模型进行了理想化的处理。

七、参考文献

- [1]于清溪,《轮胎噪声(静音)的探讨》,中国知网,2014年4月19日。
- [2]李钊,《轮胎胎面磨损行为的实验研究与数值分析》,2014年4月19日。
- [3]张彦辉,《胎面花纹对轮胎湿附着性能的影响及轮胎滚动特性研究》,中国知网,2014年4月19日。
- [4]王奎洋、袁传义、李国庆、唐金花,《基于线控制动的轮胎与地面附着系数实时检测》,《科学技术与工程》,第13卷第1期,2013年1月。
- [5]张宝生、田万仓、王志新、刘新新、赵燕蛟,《不同花纹轮胎对汽车抗纵滑能力动力性和燃料经济性影响的试验研究》,中国知网,2014年4月20日。