降低轮胎噪声的途径

王登祥　Tim Fry
[上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司大中华橡胶厂　200030]

摘要　对噪声产生的机理和降低噪声的途径进行了分析和讨论,提出实用的胎面花纹节段排列顺序和保持胎面中心线两侧花纹相位差的原则,并提出一种对胎面花纹设计进行噪声判别的纸面判别法。

关键词　轮胎噪声,轮胎花纹,花纹节段

轮胎的噪声越来越得到人们的关注,因为降低汽车的噪声莫过于降低轮胎的噪声,特别是进入电动汽车时代。本文将从 3 个方面来讨论噪声问题:噪声产生的机理、直接影响噪声产生的因素、降低轮胎噪声的途径。

1　噪声产生的机理

通常人们接受的关于轮胎产生噪声的理论是:当轮胎滚动时,轮胎花纹沟内的空气发生置换,这就产生了噪声。噪声与轮胎滚动时在接地印迹面内胎面设计如何迫使空气进出胎面花纹沟有关。

除传统的理论之外,我们相信轮胎对路面的冲击也是一个重要因素,有时将它看作是噪声产生的一部分。光胎面轮胎产生的噪声较低,但是光胎面轮胎在各种场合下不会没有噪声。

必须注意在湿路面上水的置换也是一个噪声源。

从实用角度,噪声研究通常只注意轮胎接地印迹面内的情况。虽然敢肯定轮胎的其余部分对噪声产生的影响不大,但是作为一项研究工作,应考虑全面的情况并知道如何去降低噪声。

作者简介　王登祥,男,54 岁。大中华橡胶厂技术副厂长。曾受命开设上海轮胎公司研究所美国阿克隆分部 TRTR 公司并担任总经理。参加的子午线轮胎研究开发项目多次获得上海市科技进步奖并获得国家科技进步三等奖;曾获国家专利 2 项。在美国"Rubber World"杂志发表论文 1 篇,共发表论文 20 余篇,出版专著 1 本。现任《合成橡胶工业》杂志编委和《轮胎工业》杂志编委。

2　直接影响噪声产生的因素

(1)路面的种类

①水泥,沥青或其它材料;

②新旧磨光平路面;

③粗糙路面、碎石路或裂缝路;

④临时修筑路面。

(2)轮胎胎面花纹

①花纹节段排列顺序;

②纵向、横向花纹沟布置;

③轮胎接地印迹形状;

④胎面花纹空隙比。

(3)胎面气眼

(4)轮辋配合较松或轮辋变形

(5)车轮定位不准或车辆机械问题(球节、振动)

3　降低轮胎噪声的途径

3.1　路面

(1)磨光的沥青路面最好(不是新路面);

(2)适当的保养路面。

3.2　轮胎胎面花纹

(1)随机排列花纹节段顺序;

(2)增大不同花纹的节段的数目;

(3)使中心线两侧的花纹沟有一相位差(横向不可在同一水平线排列);

(4)减小横向花纹沟的数目和尺寸;

(5)轮胎接地前后,将胎面花纹棱边受到的冲击降低到最小;

(6)胎面花纹设计时避免角度和宽度一成不变。

3.3　胎面气眼

胎面表面不设气眼。

3.4 车辆适当保养

(1) 纠正车辆定位,排除机械故障;

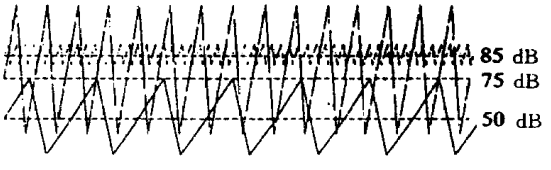
(2) 替换变形轮辋;

(3) 检查车辆的直线性。

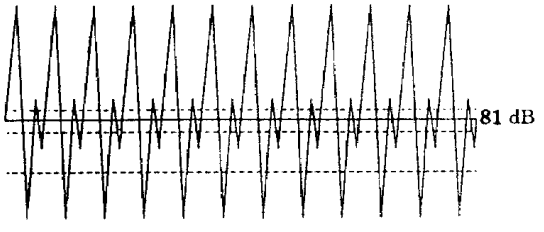
4 讨论

4.1 节段排列顺序

上述降低噪声的途径中 3.2 和 3.3 节与轮胎胎面的花纹设计有关。而 3.2 中的(1)和(2)直接反映了每种胎面设计花纹的棱边数目。当轮胎滚动时,在它的接地区,轮胎强行迫使空气进入花纹沟,然后从花纹沟导出,并且在滚动时轮胎猛地与路面接触。这种情况出现的强度和频率是影响噪声的重要因素。如果轮胎的棱边以固定的规律重复出现,将产生较大的噪声,因为它将造成频率的叠加(参见图 1)。为降低这种噪声,我们在设计中给这种胎面花纹的重复出现部分赋以不同的宽度来使之不规则化,从而减少相同频率的集聚。这里的诀窍在于并不排除所有的重复,但是通过巧妙的布置,使噪声不在相同时段发生。



(a)各种单独噪声输出



(b)各种噪声输出合成

图 1 噪声叠加示意图

理论上一种采用不同节段设计(不仅仅宽度不同)的轮胎将产生较低的噪声,不过我想,还不能预测这种设计对轮胎的其它性能(如操纵性、制动性和耐磨性)有什么影响。

我们提出的节段排列顺序称为“上-下-随机”顺序。例如:

传统的“上-下”顺序:1,2,3,4,5;

修改的“上-下”顺序:3,2,1,5,4;

随机顺序:3,5,1,2,4。

例如,整个胎面模型由 8 个扇形块拼成,而每个扇形块又由 5 个节段组成,TR 公司取各节段弧长分别为:节段 1 80 %扇形块弧长/5;节段 2 90 %扇形块弧长/5;节段 3 100 %扇形块弧长/5;节段 4 110 %扇形块弧长/5;节段 5 120 %扇形块弧长/5。

在胎面设计中采用这种节段排列顺序有助于减小噪声的频率。这里提出的顺序比传统的“上-下”顺序更进了一步,因为我们修改了“上-下”的部分,使在模型拼接时有不同的顺序,这种方法阻止了由“上-下”顺序带来的频率叠加。此外,这种修改和改善还有助于相邻扇形块的节段花纹的匹配,因为弧长差别越大,花纹棱边越难以直线连接。传统设计和 TR 设计的节段排列顺序所形成的相邻扇形块交接处的节段弧长差见表 1。

表 1 扇形块交接处的相邻节段弧长差

序 号	传统设计		TR 设计	
	相邻节段号	弧长差*	相邻节段号	弧长差*
1	节段 3,1	20 %	节段 3,3	0
2	节段 5,4	10 %	节段 4,3	10 %
3	节段 5,4	10 %	节段 4,4	0
4	节段 1,4	30 %	节段 3,4	10 %
5	节段 1,3	20 %	节段 3,3	0

注:*与扇形块弧长/5 的比值。

此外,重要的一点是轮胎节段的排列一定要能为模具厂加工时所接受。TR 公司提出的节段排列顺序适用于两半模或 8 个扇形块的活络模,该设计采用 5 种不同的花纹节段宽度。当然,每一扇形块如果分得更细一些(如分成 10 个节段),或者将扇形块的节段分成特宽和特窄的,将对降低噪声有利,但是将损害轮胎的耐磨性和操纵性。增大节段的数目还将增大模具成本。

将来也许需要开发出一种新的设计,增大节段数目,但是当前来说,TR 公司提出的节段排列顺序再经过在设计布局上的周密考虑[上述 3.2 的(3)~(5)项],在降低噪声方面会有明显的效果。

4.2 花纹设计

上述降低轮胎噪声的途径一节 3.2 中(3)~(5)项直接与胎面花纹布局有关,这些原则可应用于设计过程之中,也不排除在实践中修正。

3.2 的(3)中提示,使胎面中心线两侧花纹沟保持一些相位差是特别重要的,这样可以防止两侧肩部的横向花纹沟同时接触地面和离开地面。设计时根据相似轮胎的接地印迹,估计本设计的接地印迹形状,然后变换一侧花纹的布局使轮胎接地前后,两侧花纹横向不在同一水平线上。从 BF 固特里奇、尤尼罗伊尔和米其林公司的轮胎,我们发现两侧(即上下模)错位 1/2 节段通常是最佳选择(见图 2)。有时变换方向也是重要的。

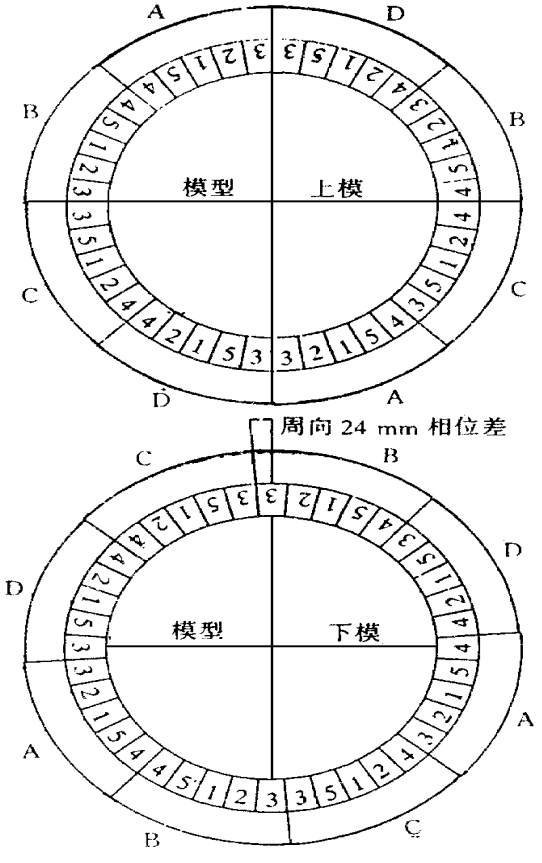


图 2　轮胎上下模型扇型块的节段排列示意

如 3.2 中(4)所示,减小横向花纹沟的数目和尺寸将降低噪声。用手工在光胎面上刻花试验,我们发现一条光胎面轮胎只产生很低的噪声,刻上纵向花纹后,噪声只轻度增加,而经测定,重要的噪声源乃是后来刻上的横向花纹。可是如果减少或取消横向花纹沟将会损害轮胎在湿路面和雪地路面的牵引性能。此问题的关键就是使这些花纹沟彼此的位置不会引起噪声频率叠加(见图 1)。

3.2 中(5)说明,在轮胎接地前后,将胎面花纹棱边受到的冲击降低到最小则噪声较低。此情况类似于 3.2 中(3)变换相位差的做法,使轮胎接地瞬间或离地瞬间花纹块边缘(棱边)的触地点总数减到最小(模拟方法是在一张胎面花纹的周向展开图上,用一把软尺弯成少许弧度沿周向推进,软尺边沿所触到的棱边要最少)。可采用少许变换花纹沟和刀槽花纹位置的方法阻止在轮胎接地和离地瞬间噪声的叠加。胎面花纹设计越复杂,处理起来越困难,有些情况下这种设计优先考虑降低噪声问题,但是不可避免地将牺牲轮胎的其它一些性能。

3.2 中(6)指出,胎面花纹设计时应避免角度和宽度一成不变,否则将会使频率多重叠加,这种快速叠加的频率将产生极高的噪声水平。胎面花纹中,如果一组空隙是刀槽花纹,则不适用上述说法,因为刀槽花纹的宽度非常非常小,它对噪声几乎没有影响。米其林北美公司在公司内刊"BIB"杂志上撰文说,刀槽花纹可以降低噪声,特别是如果让刀槽花纹完全穿过花纹块并且进入主花纹沟。米其林说,这样空气不会滞留在花纹块内,空气自由流动,很少湍流。我们设想这一理论有某些优点,因为当轮胎磨耗时,趋向于产生较大的噪声。轮胎磨耗时,许多刀槽花纹消失而胎面其它部分改变不大,可见噪声与刀槽花纹消失有关。当然,在胎面设计上可以做到让刀槽花纹贯穿花纹块进入主花纹沟,并让刀槽花纹深及沟底,但是这种做法将损害花纹块的稳定性,降低轮胎的耐磨性和操纵性。

胎面气眼可能是一种重要的噪声源,特别是将气眼布置在胎面花纹的最外表面。我们不可能取消气眼,也不可能在气眼的尺寸上打什么主意,现实可行的做法是排除将气眼布置在最外表面的做法。

4.3　与车辆有关的噪声

降低轮胎噪声的途径中第 3.4 节与车辆本身有关。我们的经验是如果车轮配合较松,将产生有如喷气式发动机那么厉害的噪声。当然这一题目已不是轮胎工程师所能解决的,但是必须知道车辆条件能影响轮胎产生的噪声。

4.4　噪声研究的前景

将来我们可以用有限元分析方法来研究降低噪声。TR 公司购买的 ANSYS 软件中包括

一个叫作“Flotran”的分析软件包,它是一个流体动态计算程序。该程序设计成模拟空气或液体围绕目标物流动或在目标物内流动,如果空气的流动是产生噪声的主要成分,那么 ANSYS 通过图象展示出胎面花纹四周的空气湍流情况。通过减少湍流我们就能降低轮胎产生的噪声。

5 结语

防止两侧肩部的横向花纹沟同时接触地面和离开地面,使胎面中心线两侧花纹沟保持一些相位差是特别重要的原则。此外,用一把软尺弯成少许弧度沿周向推进,软尺边沿所触到的棱边要最少,是一种最为实用的对胎面花纹设计进行噪声判别的方法。

轮胎胎面设计是一项复杂的高技术的工作。欲设计出有竞争力的胎面花纹,广泛地理解花纹设计对操纵性、胎面磨耗、牵引性和噪声等方面的影响是十分重要的。

收稿日期 1998-09-10

Measures for Reducing Tire Noise

Wang Dengxiang and Tim Fry

[Shanghai Tire and Rubber (Group) Co.,Ltd. 200030]

Abstract The mechanism of tire noise was analysed and the measures for reducing tire noise were investigated. The principle of tread pattern disalignment on both sides along central line of tread was proposed and a practical align sequence of tread pattern pitch to reduce the tread noise was given.

Keywords tire noise,tread patterns,tread patterns pitch

桂林研制出新型无内胎工程机械轮胎

桂林轮胎厂研制成功火炬牌 27.00 - 49 48PR 无内胎工程机械轮胎。该轮胎是应三峡建设工程需要研制的,各项性能指标符合 ISO 9000 系列国际质量标准,单胎质量为 1.2 t,胎面花纹为 E-4 型。该轮胎将与三峡工地使用的载重 77 t 的 NHL11D 型自卸车及美国产 276B 和 777B 越野载重车配套使用。

(摘自《中国化工报》,1998-12-03)

桂林橡机厂研制出全钢子午线轮胎硫化机

桂林橡胶机械厂开发出 1640 子午线轮胎硫化机,填补了国内生产大规格子午线轮胎硫化机的空白。

我国以前因无大规格子午线轮胎硫化机,在生产 14.00 - 24 子午线轮胎时,只得采用经改造的普通硫化机硫化,这样不但硫化质量差,而且设备为单模结构,生产效率低。桂林橡胶机械厂新研制的 1640 硫化机,既适合 14.00 - 24 轮胎硫化,又适合 12.00 - 20 轮胎硫化。该机由于采用计算机群控、触摸屏、旋转编码器等先进技术,以及采用软管连接、横梁定位装置、内外圆定心、增加定位套等措施,保证硫化工艺控制准确可靠,自动化程度高。该机投放市场后,深受用户青睐,现已订货 30 多台,其中出口日本 8 台,创汇 160 万美元。

(摘自《中国化工报》,1998-12-10)

“固特异”有奖促销活动结束

由上海世升实业有限公司举办的“固特异”庆百年有奖销售活动历时 3 个月,日前降下帷幕。本次活动由于精心策划,认真实施,广大用户积极参与,取得圆满成功。本次活动共收到抽奖奖券 4 300 张,平均中奖率达 11 %。

“固特异”作为世界三大名牌之一,进入中国市场以来,受到广大用户的青睐。此次“固特异”有奖促销活动,不仅进一步提高了该品牌的知名度,而且也会扩大各专业网点的销售量。

(摘自《上海汽车报》,1998-11-29)