

## 结构设计

## 农业轮胎设计特点

文秀澄

(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

**摘要** 介绍农业拖拉机轮胎外轮廓和胎面花纹设计参数的选取。驱动轮胎的断面和行驶面较宽, $H/B$ 可取 $0.8\sim 0.9$ , $b/B$ 取 $0.9\sim 0.95$ ,其花纹设计应考虑轮胎的牵引性能、耐磨性能和耐刺扎性能,花纹块面积占胎面总面积的 $26\%\sim 28\%$ 为宜;导向轮胎则要求导向性好、滚动阻力小并具有一定的耐磨性和耐刺扎性,轮胎断面高宽比 $H/B>1$ , $b/B$ 取 $0.8\sim 0.85$ 。

**关键词** 农业轮胎,驱动轮胎,导向轮胎,外轮廓,胎面花纹,牵引性,耐磨耗性,耐刺扎性

我国是以农业为国民经济基础的发展中国家,随着改革开放、搞活经济政策的实施,农业生产得到了史无前例的高速发展。最近,《“九五”计划和2010年远景目标制定建议》中,仍把加强农业放在发展国民经济的首位,各行各业都要为发展农业作贡献,全面振兴农村经济。因此,轮胎行业也要生产更多的优质农业轮胎,满足农业生产的急需。

我国农业轮胎的产量比较大,据化工部1994年统计,约为1896万条,约占全国轮胎总产量的 $26\%$ 左右,仅次于载重轮胎,生产遍及全国大、中、小轮胎厂,质量差距悬殊。因此,不断提高农业轮胎的设计水平对于改进质量至关重要。

农业轮胎包括农业拖拉机驱动轮胎和导向轮胎、农机具轮胎、林业机械轮胎等,各类型轮胎的设计具有其独特之处,本文重点叙述农业拖拉机驱动轮胎及导向轮胎的结构设计特点。

## 1 农业拖拉机驱动轮胎设计特点

### 1.1 轮胎外轮廓设计特点

(1)轮胎断面较宽,高宽比( $H/B$ )较小。拖拉机驱动轮胎为低气压和低层级轮胎,为提高其承载能力、改善胎面牵引性,轮胎不断向宽断面和低断面发展,其 $H/B$ 值一般为 $0.8\sim 0.9$ ,低断面轮胎的 $H/B$ 值在 $0.8$ 以下

(小型拖拉机轮胎 $H/B$ 值一般为 $1.015\sim 1.040$ ,汽车轮胎一般为 $1.080\sim 1.157$ )。

(2)行驶面较宽。拖拉机轮胎主要在田间行驶,增大行驶面宽度,可增加轮胎与土壤接触面积,减小对土壤的单位压力,提高轮胎的牵引力和通过性能。行驶面宽度与断面宽度的比值( $b/B$ )一般为 $0.90\sim 0.95$ ,特殊用途的水田和甘蔗田用胎的 $b/B>1.0$ ;而载重轮胎则要求滚动阻力小,故行驶面较窄, $b/B$ 一般在 $0.74\sim 0.78$ 范围内。

(3)轮胎着合直径小于轮辋直径。拖拉机轮胎使用时,除承受额定的垂直载荷外,还要牵引农具或拖拉挂车,切向牵引力可达额定垂直负荷的 $95\%$ 。由于轮胎气压低,在切向牵引力作用下,易导致轮胎在轮辋上滑动,引起胎圈磨损和内胎气门嘴扭坏。为此,轮胎着合直径的设计采用与轮辋直径过盈配合,通过试验证明,一般轮胎着合直径比轮辋直径小 $2\sim 4\text{mm}$ (即过盈量)。当气压特别低或牵引力较大时,此过盈量还应取大些。

(4)设计模型外直径和断面宽时,应选取正确的膨胀率 $D'/D$ 和 $B'/B$ 。膨胀率大小随轮胎高宽比( $H/B$ )、轮辋宽度( $C$ )、胎冠帘线角度及骨架材料的不同而有所不同,应多参考同类型轮胎的膨胀率,确保膨胀率选取值比较接近实际,否则轮胎成品充气外缘尺寸达不到国家标准。现将我院与有关轮胎厂研

制的一些规格的农业拖拉机轮胎设计参数与 轮胎充气后膨胀率关系列于表 1 和 2。

表 1 大中型拖拉机驱动轮胎设计参数与充气膨胀率

| 轮胎规格    | 骨架材料 | $H/B$ | $b/B$ | $C/B$ | $h/H$ | $D'/D$ | $B'/B$ |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 18.4-26 | 尼龙   | 0.855 | 0.931 | 0.908 | 0.091 | 1.006  | 1.084  |
| 13.6-36 | 人造丝  | 0.841 | 0.956 | 0.897 | 0.091 | 1.009  | 1.000  |
| 9.5-24  | 人造丝  | 0.908 | 0.937 | 0.849 | 0.083 | 1.003  | 1.000  |
| 9.5-24  | 棉帘线  | 0.927 | 0.957 | 0.860 | 0.088 | 1.004  | 1.021  |

表 2 小型拖拉机驱动轮胎设计参数与充气膨胀率

| 轮胎规格    | 骨架材料 | $H/B$ | $b/B$ | $C/B$ | $h/H$ | $D'/D$ | $B'/B$ |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 7.50-16 | 人造丝  | 1.028 | 0.939 | 0.722 | 0.098 | 0.993  | 1.030  |
| 7.50-16 | 人造丝  | 1.048 | 0.909 | 0.707 | 0.125 | 0.993  | 1.030  |
| 7.50-16 | 尼龙   | 1.020 | 0.949 | 0.714 | 0.080 | 1.009  | 1.045  |
| 7.50-16 | 尼龙   | 1.026 | 0.939 | 0.714 | 0.100 | 1.002  | 1.049  |
| 6.00-12 | 人造丝  | 1.015 | 1.024 | 0.765 | 0.083 | 0.997  | 0.978  |
| 6.00-12 | 人造丝  | 1.087 | 1.039 | 0.814 | 0.083 | 0.983  | 1.032  |
| 6.00-12 | 棉帘线  | 1.015 | 1.024 | 0.765 | 0.083 | 0.998  | 0.975  |
| 6.00-12 | 棉帘线  | 1.088 | 1.039 | 0.825 | 0.072 | 0.985  | 1.001  |
| 6.00-12 | 尼龙   | 1.018 | 1.000 | 0.770 | 0.083 | 1.012  | 1.005  |
| 6.00-12 | 尼龙   | 1.015 | 1.024 | 0.765 | 0.083 | 1.013  | 0.988  |

从表 1 和 2 可以看出,相同规格的轮胎,采用相同的骨架材料时, $H/B$  愈大, $B'/B$  愈大;骨架材料为尼龙帘线时, $D'/D$  和  $B'/B$  均大于采用棉帘线或人造丝时的膨胀率;人造丝轮胎的充气膨胀率较小。

1.2 胎面花纹设计特点

根据我国农业拖拉机普遍是耕运两用的情况,拖拉机驱动轮胎花纹形式多为入字形,花纹设计主要考虑牵引性能、耐磨性能和耐刺扎性能。花纹设计主要参数为花纹沟深度、花纹块数、花纹角度、花纹块宽度、花纹块宽度与花纹沟宽度比、花纹块面积占胎面总面积的百分数等。花纹设计参数不同,则轮胎的牵引性和耐磨性不同。虽然牵引性和耐磨性是相互矛盾的,但设计参数选取合理,就能兼顾两方面的使用性能,获得比较好的综合性能。

1.2.1 花纹沟深度的选取

花纹沟深度的确定,取决于轮胎使用条

件,用于旱田及短途运输的轮胎,花纹沟深度较小;用于土壤湿度大、较泥泞的田间甚至水田时,花纹沟深度较大。各种规格轮胎花纹沟深度的选取,可参考国家标准 GB2979—91 农业轮胎系列。

1.2.2 花纹块数量及其宽度的选取

花纹块数多少,受各种条件的制约,轮胎若主要使用于农田操作,花纹块数可少些,花纹块可窄些;轮胎若主要用于短途运输,花纹块数可多些,并且花纹块应宽些。在一般情况下,胎面冠部花纹块宽度大于胎肩花纹块宽度,目的是增加胎冠耐磨耗性能(见图 1)。

1.2.3 花纹块宽度与花纹沟宽度比值的选取

花纹块宽度与花纹沟宽度的比值,对轮胎的自洁性及牵引性能影响很大,花纹块分布过密或过稀都会增大轮胎打滑率。从试验得出,花纹块宽度与花纹沟宽度的比值(指花纹块中间的宽度与该处花纹沟宽度的比值)

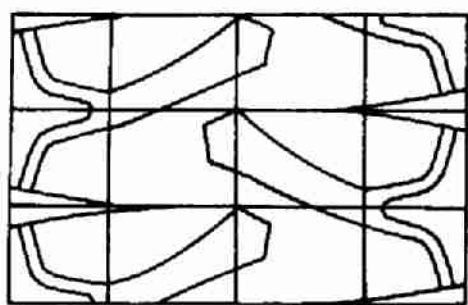


图1 胎冠花纹块加宽的花纹展开图

一般在 $1:3.5-1:4$ 之间较好。

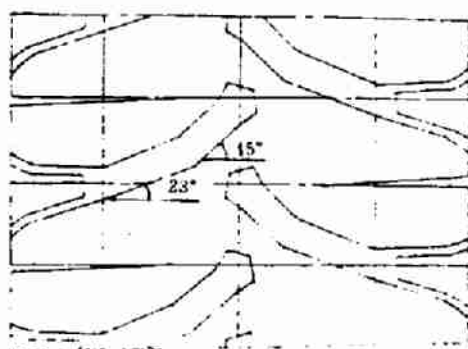
#### 1.2.4 花纹角度的选取

传统的拖拉机轮胎花纹角度(指花纹块与水平线所成的角度)一般为 $45^\circ$ ,是一种考虑牵引性及平顺性的折衷角度。目前国内外拖拉机轮胎花纹角度普遍打破了 $45^\circ$ 角设计,而采用较小角度,如 $23^\circ$ 左右(见图2和3)。角度减小有利于提高牵引力及耐磨性。花纹块也可采用两个角度,胎面冠部花纹块角度可取大些,胎面靠近胎肩处花纹块角度可取小些(见图4),这种花纹兼顾了牵引性和平顺性。

传统的拖拉机轮胎设计,花纹块的前支



图2 花纹角度较小的轮胎

图3  $23^\circ$ 角花纹的展开示意图图4  $45^\circ$ 及 $23^\circ$ 两个角度花纹的展开示意图

撑角(支撑角即花纹块表面到基部的倾斜角)为 $10^\circ$ 左右,后支撑角为 $20^\circ$ 左右。支撑角小,容易引起花纹块根部裂口,花纹块不稳定、移动大,因而耐磨性能较差。目前国内外设计都适当增大了支撑角。前后支撑角宜增大 $5^\circ$ 左右,同时,应增大花纹块根部连接弧,使花纹块根部橡胶加厚(见图5和6)。

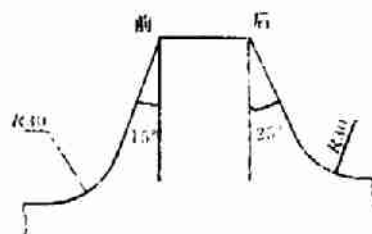


图5 花纹块前后支撑角



图6 花纹块基部加厚胶

1—花纹块后根加厚胶;2—花纹块前根加厚胶

#### 1.2.5 适当增大花纹块面积

为了提高胎面的耐磨性,应在不影响轮胎牵引性的前提下,适当增大花纹块面积。花纹块面积与胎面总面积的比值一般为 $20\%-25\%$ ,可增加到 $26\%-28\%$ 。

### 1.2.6 胎面花纹设计对牵引性和耐磨性影响的试验研究

我院曾研制过3种外直径和断面宽相同、花纹设计参数不同的6.00—12手扶拖拉机轮胎(见图7),与北京农机研究所合作,将轮胎装在工农-12型手扶拖拉机上,进行了道路及田间牵引试验。3种轮胎的花纹设计参数见表3。

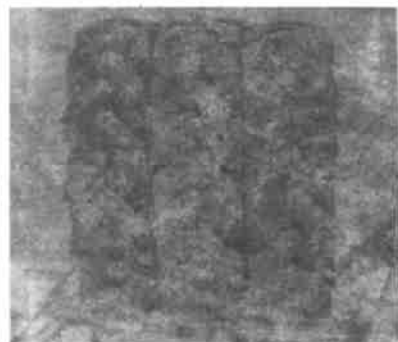


图7 3种不同花纹设计参数的轮胎  
自左至右依次为1,2,3方案

表3 6.00—12轮胎3种方案的花纹设计参数对比

| 花纹设计参数       | 试验方案 |       |     |
|--------------|------|-------|-----|
|              | 1    | 2     | 3   |
| 花纹形式         | 人字形  | 人字形   | 人字形 |
| 行驶面宽度,mm     | 160  | 170   | 170 |
| 花纹沟深度,mm     | 24   | 24    | 24  |
| 花纹块数         | 14   | 14    | 13  |
| 花纹角度,(°)     | 40   | 45    | 45  |
| 花纹宽度,mm      | 26   | 27    | 24  |
| 花纹宽与花纹沟宽比    | 1:4  | 1:3.7 | 1:5 |
| 花纹块面积占总面积, % | 26   | 29    | 21  |

作了3种方案轮胎在各种路面的牵引性能对比试验,结果见表4。

从表4可以看出,在柏油马路上所作的牵引性试验中,相同的牵引力(2.254kN)下,2方案轮胎的牵引功率最大、打滑率最小;而在田间软土及硬土的牵引性试验中,均为1方案轮胎的牵引功率最大、打滑率最小。

表4 3种花纹轮胎的道路牵引性能对比

| 路面状况及方案号 | 牵引力,kN | 牵引功率<br>kW | 打滑率<br>% |
|----------|--------|------------|----------|
| 柏油路面     |        |            |          |
| 1        | 2.254  | 4.49       | 9.5      |
| 2        | 2.254  | 4.63       | 9.2      |
| 3        | 2.254  | 4.34       | 10.7     |
| 田间软土     |        |            |          |
| 1        | 1.960  | 0.57       | 50.7     |
| 2        | 1.960  | 0.53       | 55.8     |
| 3        | 1.960  | 0.46       | 60.7     |
| 田间硬土     |        |            |          |
| 1        | 1.764  | 0.79       | 30       |
| 2        | 1.764  | 0.69       | 43       |
| 3        | 1.764  | 0.76       | 33.7     |

在3个方案试胎的实际使用中,定期测量花纹沟深度,对胎面耐磨性能进行了对比,结果见表5。3个测试地区的结果均为2方案较好。

表5 3种花纹轮胎的胎面耐磨性能对比

| 试验地点及方案号 | 使用时间,年 | 剩余花纹沟深度,mm |
|----------|--------|------------|
| 甲        |        |            |
| 1        | 1.5    | 4.5        |
| 2        | 1.5    | 6.6        |
| 乙        |        |            |
| 1        | 1.5    | 9.0        |
| 2        | 1.5    | 10.8       |
| 3        | 1.5    | 8.0        |
| 丙        |        |            |
| 1        | 1.75   | 10.0       |
| 2        | 1.75   | 12.8       |

注:1)剩余花纹沟深度为所测3台拖拉机轮胎的平均值;2)1,2方案胎面胶配方相同,为三胶并用,3方案胎面胶为二胶并用。

从试验结果可以看出,由于花纹设计参数不同,轮胎的牵引性和耐磨性也不同,1方案轮胎的田间牵引性能最好,2方案的道路牵引性及耐磨性最好,3方案由于花纹块较

少,花纹面积小,两方面的性能都不太好。因此,若轮胎主要在农田使用,可选择第 1 方案设计;若主要用于短途运输,可选第 2 方案设计。

### 1.3 帘布层及钢丝圈强力安全倍数的选取

我国农业拖拉机一般在农田作业兼做短途运输,常行驶在留有稻茬的田间、泥泞的土路和碎石路,使用条件比较苛刻,所以要求帘布层和钢丝圈强力安全倍数较高。

帘布层强力安全倍数,用彼得尔曼公式计算,应在 12 以上。采用高强力的帘线减层时,应考虑轮胎的耐刺穿性及胎体过软问题,帘布层数不能太少,否则安全倍数虽能达到,但在使用中轮胎容易刺穿,胎体软则易造成胎圈和胎肩帘线折断,使轮胎早期损坏。

钢丝圈强力安全倍数的理论计算值(用彼得尔曼公式)应达到 10 以上,水压爆破安全倍数在 7 以上。否则轮胎受到突然的冲击时,易造成钢丝圈折断。

## 2 农业拖拉机导向轮胎设计特点

拖拉机导向轮胎主要具有导向性好、滚动阻力小的特点,并且有一定的耐磨性和抗

刺扎性。两轮驱动拖拉机的前轮为从动轮,前轮轮胎规格小于后轮轮胎。随着四轮驱动拖拉机的发展,前轮的作用有了根本改变,前轮规格不断增大,前后轮胎尺寸的差异逐渐缩小,甚至相等,前后轮胎花纹设计要求接近一致。

### 2.1 轮胎外轮廓设计

(1)轮胎断面  $H/B$  的选取。为了使轮胎导向性和通过性好,并减小阻力,轮胎断面宽一般小于断面高,即  $H/B>1.00$ 。

(2)轮辋宽度与轮胎断面宽比值的选取。除低断面轮胎及前后轮都是驱动轮胎外,导向轮胎使用的轮辋多为窄轮辋, $C/B$  一般为 0.7 左右。

(3)行驶面宽( $b$ )和弧度高( $h$ )的选取。为使轮胎导向性好并降低滚动阻力,选取较小的行驶面宽度和较大的弧度高是有好处的。但是考虑到拖拉机有 70%—80%的时间用于运输,为提高导向轮胎的耐磨性,行驶面宽度可适当取大些,行驶面弧度高取小些,使行驶面比较平坦。 $b/B$  取 0.8—0.85, $h/H$  一般取 0.06 左右。

表 6 列举一些导向轮胎的设计参数。

表 6 导向轮胎主要外轮廓设计参数

| 轮胎规格    | 花纹形式 | $H/B$ | $b/B$ | $h/H$ | $C/B$ | $H_1/H_2$ |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 6.50—20 | 条形   | 1.076 | 0.853 | 0.066 | 0.824 | 0.794     |
| 6.50—16 | 条形   | 1.059 | 0.853 | 0.078 | 0.671 | 0.837     |
| 6.00—16 | 三条型  | 1.072 | 0.855 | 0.111 | 0.671 | 0.789     |
| 4.00—19 | 条形   | 1.130 | 0.823 | 0.108 | 0.691 | 0.754     |
| 4.00—16 | 条形   | 1.155 | 0.812 | 0.098 | 0.716 | 0.775     |

### 2.2 导向轮胎花纹设计特点

导向轮胎花纹比较简单,其传统的形式为条形花纹,即所谓“花纹垄”,有一、二、三或五条垄等,主要目的是保证拖拉机前轮具有良好的导向性能。但条形花纹不耐磨。目前国内有些工厂设计了其它形式的花纹,如波浪形、横向花纹(见图 8)等,这些花纹比条形

花纹耐磨。我院曾做过试验,横向花纹的耐磨性能比条形花纹提高 30%—40%。

花纹沟深度的选择参照国家标准 GB2979—91 农业轮胎系列。

### 2.3 国外导向轮胎的花纹分类、设计参数和性能比较

国际上导向轮胎花纹分为 3 种类型,其



(a)波浪形花纹



(b)横向花纹

图8 导向轮胎花纹

设计参数和使用性能各不相同:

- (1)单条型花纹(F-1),专用于田间作业;
- (2)双条和三条型花纹(F-2),适于田间作业及短途运输;
- (3)工业浮力多条型花纹(F-3),适于工

业拖拉机导向轮胎。

这3种花纹的部分参数及性能对比见表7。

表7 3种导向轮胎的花纹参数及性能

| 花纹参数及轮胎性能           | 花纹类型              |     |        |
|---------------------|-------------------|-----|--------|
|                     | F-1               | F-2 | F-3    |
| 中心线处花纹块高度           | $1.2x^{(1)}-1.5x$ | $x$ | $0.4x$ |
| 花纹块面积占胎面总面积, %      | 30                | 55  | 60     |
| 导向性能 <sup>(2)</sup> |                   |     |        |
| 泥地                  | 1                 | 2   | 3      |
| 草地                  | 1                 | 2   | 3      |
| 硬路面                 | 3                 | 2   | 1      |
| 滚动阻力                | 大                 | 中   | 小      |
| 浮力                  | 小                 | 中   | 大      |
| 磨耗率                 | 高                 | 中   | 低      |

注: (1)  $x$  表示 F-2 型花纹块的高度, 不同规格轮胎  $x$  的数值不同; (2) 表中导向性能的 1, 2, 3 表示性能比较结果的优秀次序。

收稿日期 1995-12-12

## 国内消息

### 子午线轮胎配套新型 助剂批量生产

由山西省化工研究所承担的国家“八五”重点科技攻关项目——酚醛补强树脂和叔烷基酚醛增粘树脂已投入批量生产, 产品质量及性能均达到国际同类产品先进水平。

酚醛补强树脂主要用于增大制品的拉伸强度、弹性模量及提高橡胶的耐浸性、耐老化性和粘弹性等。已开发的产品有 BQ-1、BQ-2 和 BQ-3 三个系列, 用作子午线轮胎的补强剂效果极佳。此外, 用于垫圈、减震器、输送带、V 带及胶管中也具有很好的补强作用。

叔烷基酚醛增粘树脂主要用来提高和改善弹性体的粘性, 产品有 TXN 和 TDN 两个品种, 用于子午线轮胎生产可以方便成型工艺, 提高胎坯成型质量及成品性能, 延长使用寿命, 可完全替代进口产品, 满足子午线轮胎原材料国产化的需要。此外, 叔烷基酚醛增粘树脂与胶料有优良的配伍性, 可用在 V 带、胶辊、胶管、电缆等橡胶制品中, 对提高我国橡胶增粘剂以及橡胶制品的档次具有重要意义。

以上两种产品被指定为子午线轮胎生产专用助剂。

(摘自《中国化工报》, 1996, 3, 1)