

# 460/85R38 Marshland水田农业子午线轮胎的设计

孔延坤

[特瑞堡轮胎工业产品(邢台)有限公司,河北 邢台 054000]

**摘要:**介绍460/85R38 Marshland水田农业子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 1 810 mm,断面宽 480 mm,行驶面宽度 438 mm,行驶面弧度高 31 mm,胎圈着合直径 965 mm,胎圈着合宽度 444.5 mm,断面水平轴位置( $H_1/H_2$ ) 1.514,花纹深度 80 mm,花纹饱和度 16.957%,花纹周节数 17。施工设计:胎面采用冷喂料挤出、缠绕法成型,胎体采用3层940dtex/2 F121锦纶66浸胶帘布,带束层采用4层1100/3 F70聚酯浸胶帘布,钢丝圈采用 $\Phi 0.96$  mm 19#镀铜高强度钢丝,采用二次法成型工艺成型,单模胶囊硫化机硫化。成品试验结果表明,成品轮胎的充气外缘尺寸、物理性能和耐久性能均符合相应设计和国家标准要求。

**关键词:**水田农业子午线轮胎;结构设计;施工设计;耐久性能

**中图分类号:**TQ336.1

**文章编号:**2095-5448(2023)09-0460-04

**文献标志码:**A

**DOI:**10.12137/j.issn.2095-5448.2023.09.0460



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

我国农作物种植收获综合机械化率不断提高的同时,大功率拖拉机的数量也在不断增加,这导致子午线轮胎在农业中的应用日益广泛。许多欧洲国家的拖拉机轮胎子午化率已经达到90%以上,北美地区也接近50%,我国仅为2.5%左右。根据中国橡胶工业协会发布的轮胎行业“十四五”规划指导纲要,我国农业轮胎子午化率的目标是15%左右。这一数据显示出中国农业子午线轮胎市场巨大的潜力<sup>[1-2]</sup>。

与农业斜交轮胎相比,农业子午线轮胎表现出诸多优势:使用寿命更长、燃油经济性更高、胎面耐磨性能更出色、牵引力更大、对土壤单位面积施加的压力更小,从而对土壤起到保护性作用,为农业用地的可持续发展做出积极贡献。为了满足市场需求,我公司专注于研制和开发适用于水田

的大花纹农业子午线轮胎。由于水田作业时轮胎接触的是软土、烂泥等,因此轮胎设计时更加注重防滑性能,可以通过增加接地面积和提高摩擦因数等方式增强轮胎的抓着力,以更好地适应水田作业的特殊需求<sup>[3-10]</sup>。

现将460/85R38 Marshland水田农业子午线轮胎的设计介绍如下。

## 1 技术要求

为满足用户需求,参照《中国轮胎轮辋标准年鉴(2020)》的要求,确定轮胎设计参数为:标准轮辋 W16×38,充气外直径( $D'$ ) 1 820(1 791~1 828) mm,充气断面宽( $B'$ ) 506(484~514) mm,R-1W花纹,标准充气压力 60 kPa,最大负荷 3 250 kg。

## 2 结构设计

### 2.1 外直径( $D$ )和断面宽( $B$ )

$D$ 和 $B$ 是直接影响轮胎是否符合车辆匹配和性

**作者简介:**孔延坤(1989—),女,河北邢台人,特瑞堡轮胎工业产品(邢台)有限公司工程师,学士,主要从事轮胎结构设计和技术管理工作。

**E-mail:**312401667@qq.com

能要求的重要参数。本设计 $D$ 取1 810 mm, $D'/D$ 为1.005 5。考虑到锦纶帘线和聚酯带束层的伸张值,本设计 $B$ 取480 mm, $B'/B$ 为1.054。

## 2.2 行驶面宽度( $b$ )和弧度高( $h$ )

由于本设计轮胎主要用于水田作业,轮胎接触的都是烂泥、软土等,考虑到该特殊工况下的需求,本次设计注重提高轮胎的牵引力。根据以往的设计经验, $b/B$ 取0.901, $b$ 为438 mm。在确定 $h$ 取值时,需要考虑其与 $b$ 的比值,避免 $h/b$ 过大或过小。如果 $h/b$ 过大,会导致外直径尺寸不稳定,接地面积过小,轮胎磨损不均,使用寿命缩短; $h/b$ 过小则会导致胎冠过于宽和平,增加生产成本,并可能造成胎肩受力增大、生热高,导致局部损坏。根据以往的经验,本设计 $h/b$ 取0.071, $h$ 为31 mm。

## 2.3 胎圈着合直径( $d$ )和着合宽度( $C$ )

一般根据轮胎装配的轮辋尺寸确定 $d$ 值。如果 $d$ 值过大,轮胎与轮辋之间可能会出现打滑的情况;相反,如果 $d$ 值过小,过盈配合太紧密,会对装卸工作造成困难。因此,在防止轮胎打滑的同时,也要保证轮胎与轮辋之间的配合紧密,并方便人工装卸。综合考虑,本设计 $d$ 取965 mm。在确定 $C$ 时,一般会参考轮辋宽度标准进行计算,并比轮辋的宽度略大。这样做有很多优点,例如可以提高胎侧的柔软性,提高车辆行驶过程中的舒适性和操纵稳定性。结合水田农业轮胎的使用环境和使用特点,本设计 $C$ 取444.5 mm,并设置胎趾倾角为 $8^\circ$ 。

## 2.4 断面水平轴位置( $H_1/H_2$ )

轮胎断面水平轴位置的选择非常关键,因为其是轮胎在负荷下变形最大的位置。一般来说,子午线轮胎的受力情况直接决定 $H_1/H_2$ 值。如果 $H_1/H_2$ 值过小,断面水平轴的位置会偏低,接近下胎侧,这可能在正常使用过程中导致胎圈折断、应力集中的问题。另一方面,如果 $H_1/H_2$ 值过大,断面水平轴的位置会偏高,靠近胎肩,这可能在正常使用过程中导致胎肩脱层和胎肩裂口的问题。由于本设计轮胎为水田农业轮胎,花纹块深度较大,综合考虑,本设计 $H_1/H_2$ 取1.514。

轮胎断面轮廓如图1所示。

## 2.5 胎面花纹

考虑到本设计轮胎主要在水田中作业,受力

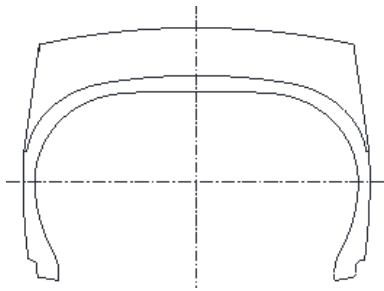


图1 轮胎断面轮廓示意

主要集中在花纹块的根部。由于对牵引性能的高要求,胎面花纹选择PR-1W型花纹。该花纹有17个周节,最大花纹深度为80 mm,花纹饱和度为16.957%。为了提高轮胎的视觉效果和美观度,所有花纹块均采用变角度设计,前倾角为 $17.5^\circ$ ,后倾角为 $22.7^\circ$ ,使轮胎呈现出饱满的视觉效果。前倾角的减小可以提高轮胎的牵引力,而后倾角的增大可以增强花纹块的自清洁功能。这样的设计不仅能防止花纹块根部裂口,还提高了花纹的耐磨性能。花纹深度大的轮胎的常见问题是在使用过程中花纹块根部出现裂口,影响轮胎的使用寿命。因此,本设计在花纹沟过渡时采用圆弧连接,连接弧的半径取19 mm。

胎面花纹展开如图2所示。

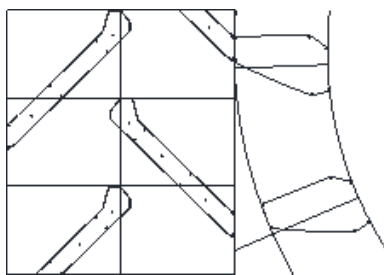


图2 胎面花纹展开示意

## 3 施工设计

### 3.1 气密层

气密层的设计采用常用的子午线轮胎气密层胶料,以确保良好的气密性能。气密层的厚度为2.5 mm,宽度以包覆胎趾部位为最佳。考虑到降低成本和保证轮胎正常使用的因素,轮胎与轮辋之间应保持良好的气密性,使外胎兼具内胎的功能。该设计轮胎无需额外配备内胎,因为其本身具有内胎结构,空气直接充填在轮胎中。这种设

计不仅提供了良好的气密性能,长期保持不漏气,而且轮胎工作温度较低,使用寿命长,结构简单且轻巧。由于气密层设计将一层内膜紧密粘附在轮胎内壁上,使轮胎在作业中不易聚热,即使轮胎发生穿孔,压力也不会急剧下降,能继续安全地行驶一段距离。

### 3.2 挤出半成品

挤出半成品根据相应部件的压缩比设计口型。

胎面胶料采用天然橡胶、顺丁橡胶与丁苯橡胶并用胶。该配方胶料具有良好的抗花纹崩裂和掉块性能。由于该设计轮胎的花纹块较深,可以有效防止掉块,提高强度和耐老化性能。胎面采用冷喂料挤出机挤出并进行直接缠绕,与胎面层贴相比,这种设计减小了胎面间脱层的隐患。

胎侧的长度为3 328 mm,宽度为310 mm,厚度为12 mm,质量为10 kg。胎肩垫胶的长度为3 250 mm,宽度为150 mm,厚度为23 mm,质量为8.5 kg。胎面冠部的总厚度为47 mm,宽度为600 mm,质量为116 kg。

胎侧胶使用天然橡胶与顺丁橡胶并用胶,具有良好的耐老化性能和耐屈挠性能。在设计口型板时,直接设计两种配方胶料口型,同时在三复合挤出机上挤出,使得胎侧同时存在两种配方的胶料,且位于不同的位置。这样的设计有助于提高胎侧的耐屈挠能力和胎圈部位的支撑能力,经过后续的试验也得到了良好的验证。

### 3.3 胎体

胎体使用3层940dtex/2 F121锦纶66浸胶帘布。在四辊压延机上,帘布采用双面覆胶的方法进行压延,以确保帘布与胎体胶料具有良好的粘合性能,防止脱层。压延后的覆胶帘布厚度为 $(1.2 \pm 0.3)$  mm。

### 3.4 带束层

本设计轮胎行驶速度较低,为了满足使用要求并提高操控性和降低成本,本设计采用4层带束层结构。带束层采用1100/3 F70聚酯浸胶帘布,帘线角度为 $28^\circ$ 。带束层在受力后对胎体起到箍紧作用,直接影响轮胎的充气外缘尺寸。在成型过程中,每层带束层层贴时的差级应控制为

25 mm。

### 3.5 胎圈

钢丝圈采用 $\Phi 0.96$  mm 19#镀铜高强度钢丝,钢丝圈直径为976 mm,排列方式为 $9 \times 10$ ,胶芯使用17 mm $\times$ 32 mm的三角胶。胎圈护胶采用专用的胶料,钢丝圈安全倍数大于7。

### 3.6 成型

成型采用二次法成型技术,使用LCY-2446型成型机,配备腰带式成型机头。根据轮胎的轮辋直径、材料分布图以及钢丝圈直径,确定机头直径为1 041 mm,机头宽度为900 mm。为了满足机头宽度的要求,选择合适尺寸的腰带以与现有直径的机头匹配。

### 3.7 硫化

硫化采用241.3 cm(95英寸)蒸锅式单模胶囊硫化机。硫化条件为:内蒸汽压力  $(0.8 \pm 0.01)$  MPa,过热水出口压力  $(2.75 \pm 0.2)$  MPa,硫化温度  $(150 \pm 0.2)$   $^\circ\text{C}$ ,内冷回水温度  $< 25$   $^\circ\text{C}$ ,一次定型高度  $(320 \pm 20)$  mm,二次定型高度  $(230 \pm 20)$  mm,硫化胶囊拉伸高度 1 000 mm,总硫化时间 140 min。为了保证轮胎尺寸的稳定性,通常会在硫化结束后进行后充气,后充气时间一般为1个硫化周期。

## 4 成品性能

### 4.1 外缘尺寸

将成品轮胎与W16轮辋配合后进行充气,充气压力为160 kPa,测量到轮胎的 $D'$ 为1 820 mm, $B'$ 为503 mm,符合设计要求。

### 4.2 物理性能

成品轮胎的物理性能见表1。

从表1可以看出,成品轮胎的物理性能达到国家标准要求。

### 4.3 耐久性能

按照GB/T 34823—2017进行成品轮胎耐久性能试验,试验条件为:充气压力 160 kPa,额定负荷 3 250 kg,试验速度 40 km $\cdot$ h $^{-1}$ 。

在标准充气压力下,成品轮胎累计行驶310.5 h,符合国家标准要求。

表1 成品轮胎的物理性能

| 项 目                        | 实测值  | GB/T 1192—2017 |
|----------------------------|------|----------------|
| 邵尔A型硬度/度                   | 62   | 55~70          |
| 拉伸强度/MPa                   | 17.8 | ≥16.0          |
| 拉伸伸长率/%                    | 503  | ≥450           |
| 阿克隆磨耗量/cm <sup>3</sup>     | 0.27 | ≤0.38          |
| 粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> ) |      |                |
| 胎面-带束层                     | 11.2 | ≥8.0           |
| 带束层-胎体                     | 9.7  | ≥7.0           |
| 带束层-带束层                    | 8.3  | ≥7.0           |
| 胎侧-胎体                      | 11.5 | ≥6.0           |

## 5 结语

我公司在普通农业子午线轮胎基础上成功地开发了系列水田农业子午线轮胎。460/85R38 Marshland水田农业子午线轮胎是该系列中的第1个规格,之后又相继研制了420/85R38 Marshland和380/85R38 Marshland等规格。460/85R38 Marshland水田农业子午线轮胎生产工艺稳定,性能符合国家标准和设计要求,质量良好,合格率达到99.7%。目前,该轮胎已大量出口,市场反馈良好。

## 参考文献:

- [1] 桂庭芳. 农业子午线轮胎市场概况和技术发展特点[J]. 中国橡胶, 2014, 30(3): 17-18.
- [2] 富士平. 论国内农业子午线轮胎开发的必要性[J]. 橡塑资源利用, 2012(6): 21-24.
- [3] 薛源, 陈森, 赵兴海, 等. 12.4-48 12PR R-7农业轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2019, 39(7): 406-408.
- [4] 李永强, 刘从臻, 李亚龙, 等. 花纹块刚度对轮胎抓着性能影响的研究[J]. 轮胎工业, 2020, 40(9): 533-537.
- [5] 李福香, 张春颖, 邢正涛. 445/45R19.5超低断面宽基无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 橡胶工业, 2017, 64(3): 170-173.
- [6] 韩晓霞. 13R22.5 18PR无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2012, 32(4): 211-214.
- [7] 张春林. 13.6-24 6PR R-1 (VG) 农业轮胎的设计[J]. 橡胶科技, 2016, 14(9): 42-45.
- [8] 宋国星. 高载荷煤矿用无轨胶轮工程车辆18.00-33充气式实心胎的设计[J]. 中国橡胶, 2022, 38(2): 56-62.
- [9] 苏芮, 孙洪广, 李伟, 等. 全钢子午线轮胎胎体胶耐疲劳性能与粘合强度的协调设计[J]. 橡胶工业, 2021, 68(6): 403-408.
- [10] 袁利真, 吴学斌, 宋喜政. 12R22.5无内胎全钢载重子午胎的设计[J]. 中国橡胶, 2022, 38(7): 51-53.

收稿日期: 2023-04-28

# Design of 460/85R38 Marshland Paddy Field Agricultural Radial Tire

KONG Yankun

[Trelleborg Wheel System (Xingtai) Co., Ltd, Xingtai 054000, China]

**Abstract:** The design of 460/85R38 marshland paddy field agricultural radial tire was introduced. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 810 mm, cross-sectional width 480 mm, width of running surface 438 mm, arc height of running surface 31 mm, bead diameter at rim seat 965 mm, bead width at rim seat 444.5 mm, maximum width position of cross-section ( $H_1/H_2$ ) 1.514, pattern depth 80 mm, block/total ratio 16.957%, and the number of pattern pitches 17. In the construction design, the following processes were taken: the tread was formed by cold feed extrusion and winding method, three layers of 940dtex/2 F121 nylon 66 impregnated cord fabric were applied for the carcass, four layers of 1100/3 F70 polyester impregnated cord fabric were used for the belt,  $\Phi 0.96$  mm 19<sup>#</sup> copper plated high-strength steel wire was selected for the bead wire, a two-stage building process was applied to build tires and a single mold capsule vulcanizing press was utilized to cure tires. The finished tire test results showed that the inflated peripheral dimension, physical properties and endurance performance of the finished tire met the requirements of corresponding design and national standards.

**Key words:** paddy field agricultural radial tire; structure design; construction design; endurance performance

欢迎在《橡胶科技》《橡胶工业》《轮胎工业》上刊登广告