

14.00R25工程机械子午线轮胎的设计

程超,张鹏,龙云山,朱仕翻,张甲

(贵州轮胎股份有限公司,贵州 贵阳 550008)

摘要:介绍14.00R25工程机械子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 1 370 mm,断面宽 375 mm,行驶面宽度 315 mm,行驶面弧度高 14 mm,胎圈着合直径 632 mm,胎圈着合宽度 266.7 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.87,胎面采用块状花纹,花纹深度 26 mm,花纹饱和度 68.8%,花纹周节数 34。施工设计:胎面冠部胶采用抗刺扎、抗切割和高耐磨胶料,基部胶采用低生热胶料,采用4层带束层结构,1[#]—3[#]带束层采用3+9+15×0.22+0.15HT钢丝帘线,4[#]带束层采用3×7×0.22HE钢丝帘线,胎体采用3+9+15×0.22+0.15钢丝帘线,采用一次法成型机成型、单模蒸锅式硫化机硫化。成品轮胎性能试验结果表明,轮胎的充气外缘尺寸和耐久性能均达到国家标准和企业标准要求。

关键词:工程机械子午线轮胎;结构设计;施工设计;成品轮胎性能

中图分类号:U463.341⁺.5/.6;TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2020)12-0722-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2020.12.0722



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来因为矿业的发展,整个矿山市场复苏,80 t级重型自卸车因为作业运行相对较为便捷,对路况要求较刚性自卸车低,并且前期投入较小,所以得到市场的高度认可,受终端市场的青睐,整个行业重型自卸车市场保有量逐年激增,相应工程机械轮胎需求出现爆发式增长^[1]。但是,传统斜交轮胎质量缺陷多、使用寿命短,因此不能满足矿业工程机械轮胎需求。

为了维护行业竞争力并提高企业经济效益,本工作对14.00R25工程机械子午线轮胎进行设计开发,以期消除斜交轮胎产品不抗刺扎和切割以及生热鼓包等问题,提高产品品质,为客户创造更高的价值。

1 技术要求

参考国家化学工业标准汇编第5版、美国轮胎轮辋标准协会标准(TRA—2012)和欧洲轮胎轮辋技术组织标准手册(ETRTO—2012)等要求,确定14.00R25工程机械子午线轮胎的技术参数如下:标准轮辋 10.00/1.5,充气外直径(D') 1 368(1 346~1 390) mm,充气断面宽(B') 375

(364~401) mm,适用于E3使用条件(重型自卸车)的轮胎最高速度 50 km·h⁻¹、充气压力 700 kPa、单胎负荷 5 800 kg,胎面花纹 普通块状花纹,作业类型 搬运。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

根据该车型在市场的实际使用情况,并结合斜交轮胎产品出现的问题,以平衡轮廓设计理论作为数学模型、以经典力学原理作为架构,通过有限元方法进行模拟分析,同时考虑全钢工程机械子午线轮胎相较于传统斜交轮胎更大^[2-3],最终优化得出本设计轮胎 D 为1 370 mm、 B 为375 mm,该结果满足工程机械轮胎模具尺寸和轮胎产品标准要求。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

轮胎与地面直接接触的平面是行驶面, b 和 h 会影响轮胎在运动状态下的稳定性和耐磨性能。该类型轮胎使用工况较为恶劣,接地稳定性和耐磨性能至关重要。在设计中,需要增大轮胎接地面积,并提升其抓着性能,因此 b 取315 mm, h 取14 mm。通过优化设计,可以使轮胎运动状态下的接地面积增大,使接地压力分布更加均匀、合理,且耐磨性能得到了优化^[4]。

作者简介:程超(1980—),男,仡佬族,贵州遵义人,贵州轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事全钢工程机械子午线轮胎的结构设计研发和技术管理工作。

E-mail:chengchao@gtc.com.cn

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

d 主要根据轮辋的尺寸来确定。为确保轮胎与轮辋配合紧密,获得良好的气密性,并提高胎圈部位的刚性支撑,同时能够很好地装卸轮胎,轮胎与轮辋采用过盈配合,即 d 取 632 mm; C 采用加宽 12.7 mm 设计(C 通常大于轮辋宽度 12.7~38.1 mm),即 C 取 266.7 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

全钢工程机械子午线轮胎设计中,断面水平轴位置均需与轮胎断面最宽点匹配,该部位是轮胎断面中最薄、变形最大的位置,对于轮胎性能有重大影响。 H_1/H_2 过大,会导致轮胎肩部受力集中; H_1/H_2 过小,会导致胎圈受力集中,两种情况均会导致轮胎肩部、胎圈出现较高的疲劳积累,导致轮胎异常损坏。工程机械轮胎的负荷较大, H_1/H_2 一般取 0.73~0.90。本次设计中,将 H_1/H_2 定为 0.87^[5],以尽量避免传统轮胎断面水平轴位置设计不合理问题。

轮胎轮廓如图 1 所示。

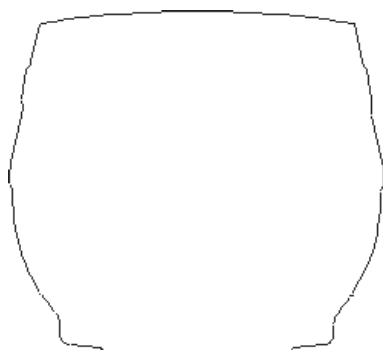


图1 轮胎轮廓示意

2.5 胎面花纹

该类型轮胎为非公路型产品,轮胎的抓着性能、散热性、自洁能力以及磨耗寿命必须被首要考虑。既要保证轮胎的驱动、制动、耐磨和操纵性能,又要提高轮胎的综合使用寿命等。鉴于工程机械轮胎在特定的环境下作业,通常应满足以下条件:(1)行驶面对路面有良好的抓着性能;(2)抗湿滑和耐磨性能好;(3)花纹沟不夹带泥沙和石子,有较好的自洁性;(4)较强的抗切割和抗崩花掉块能力,不裂口^[4-5]。花纹设计中以传统斜交轮胎花纹为设计基础,采用块状形式,花纹深度设计为 26 mm,采用等节距 34 节距设计,花纹饱和

度达 68.8%。

轮胎三维花纹如图 2 所示。



图2 轮胎三维花纹

3 施工设计

3.1 胎面

考虑该类型产品作业工况特殊,结合国内外市场的斜交轮胎使用案例,胎面冠部胶选用抗刺扎、抗切割和高耐磨胶料,以保证轮胎在其使用工况下的综合使用性能。基部胶主要考虑低生热以及带束层之间的过渡问题,选用低生热胶料,可以有效减小轮胎在运动状态下的生热率,同时使胎面与带束层间形成良好的过渡^[6]。

3.2 带束层

带束层的选型设计决定轮胎性能和使用质量。带束层设计应保证与胎体帘线有一定的受力分配,以提高轮胎的耐磨性能、抗刺扎性能和操纵稳定性等^[7]。本次设计选择了 4 层带束层结构,其中 1[#]—3[#]带束层均采用 3+9+15×0.22+0.15HT 钢丝帘线,4[#]带束层采用高伸长的 3×7×0.22HE 钢丝帘线。带束层安全倍数为 5.1,满足标准要求。

3.3 胎体

胎体主要由各类骨架材料组成,在轮胎应用中起承载结构的作用,同时会对轮胎的侧偏刚性和转向性能造成影响,对轮胎质量有较大影响。本设计考虑到轮胎的实用性,以充气后轮胎作为设计基础,采用 3+9+15×0.22+0.15 钢丝帘线。胎体安全倍数为 5.5,满足标准要求。

3.4 胎圈

轮胎胎圈部位既要承受轮胎行驶中的制动力矩和离心力,又要承受轮辋的过盈力。本次胎圈

设计保留了传统工程机械轮胎的六角形钢丝圈结构,但对钢丝和覆胶钢丝直径以及钢丝圈数进行了调整,钢丝和覆胶钢丝直径分别为1.83和2.10 mm,钢丝圈数为95。确认胎圈安全倍数为5.3,满足标准要求。

3.5 成型

一方面考虑到产品生产效率,尽可能减少生产过程中的浪费;另外考虑操作人员的便捷性,降低操作人员的劳动强度,以及人工干预引起的产品质量波动等。本次设计采用一次法成型机进行生产^[6],可以一次性完成单个轮胎的生产流程,具有较高的效率。此外一次法成型机的应用可以避免一些人工模式下的质量问题,例如人工不规范操作导致胎坯质量受损等。

3.6 硫化

采用单模蒸锅式硫化机,具体工艺为:内温 $(165\pm 3)^{\circ}\text{C}$,外压蒸汽温度 $(143\pm 3)^{\circ}\text{C}$,二次水压力 $(2.6\pm 0.1)\text{MPa}$,外压蒸汽压力 $(0.35\pm 0.02)\text{MPa}$,总硫化时间125 min。硫化过程中无过硫和缺胶等现象。

4 成品性能

4.1 外缘尺寸

成品轮胎外缘尺寸按GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量。安装在标准轮辋上的轮胎在标准充气压力下的 D' 和 B' 分别为1 372和376 mm,均符合国家标准要求。

4.2 耐久性能

按照GB/T 30193—2013《工程机械轮胎耐久性试验方法》并结合企业测试标准进行耐久性试验,试验条件如表1所示。试验结果要求如下:国家标准要求完成前3个阶段测试后,轮胎无损坏;企业标准要求测试必须进入第7阶段。实际测试至第7阶段结束,累计行驶87 h后轮胎未损坏。轮

胎的耐久性能达到企业标准要求,超过国家标准要求。

表1 成品轮胎耐久性试验条件

项 目	试验阶段						
	1	2	3	4	5	6	7
负荷率/%	65	85	100	110	120	130	140
行驶时间/h	7	16	24	10	10	10	10

注:充气压力 700 kPa,标准负荷 5 800 kg,试验速度 15 km·h⁻¹,环境温度 $(38\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 。

5 结语

从轮胎结构和现场工艺设计方面进行了系列优化和论证,14.00R25工程机械子午线轮胎的充气外缘尺寸达到国家标准要求,耐久性能满足企业标准要求,并且远远高于国家标准要求。本设计轮胎投入市场后使用效果较好,且性价比较高,为矿用轮胎市场提供了优越的轮胎解决方案,得到终端客户的高度认可,主机配套及后市场占有率不断增大,为公司带来较高的经济效益。

参考文献:

- [1] 王强,焦生杰.翻新工程机械轮胎生命周期的能量分析与评价[J].橡胶工业,2018,65(5):586-590.
- [2] 毛建清.24.00R35全钢工程机械子午线轮胎的设计[J].橡胶工业,2017,64(8):481-484.
- [3] Jorge Oyola-Cervantes, René Amaya-Mier. Reverse Logistics Network Design for Large Off-The-Road Scrap Tires from Mining Sites with a Single Shredding Resource Scheduling Application[J]. Waste Management, 2019, 100(12): 219-229.
- [4] 张鹏,朱仕翻,程超,等.875/65R29低断面无内胎工程机械子午线轮胎的设计[J].轮胎工业,2019,39(12):718-720.
- [5] 程超.全钢工程机械子午线轮胎的设计[J].汽车世界,2019(9):22.
- [6] 樊建军.巨型工程轮胎抗硫化返原研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.
- [7] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等.235/45R18轮胎束带层帘线的优化设计[J].橡胶工业,2020,67(3):209-213.

收稿日期:2020-08-18

Design on 14.00R25 Off-The-Road Radial Tire

CHENG Chao, ZHANG Peng, LONG Yunshan, ZHU Shifan, ZHANG Jia

(Guizhou Tyre Co., Ltd., Guiyang 550008, China)

Abstract: The design on 14.00R25 off-the-road radial tire was introduced. In the structural design, the

following parameters were taken: overall diameter 1 370 mm, cross-sectional width 375 mm, width of running surface 315 mm, arc height of running surface 14 mm, bead diameter at rim seat 632 mm, bead width at rim seat 266.7 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.87, using block pattern for tread design, pattern depth 26 mm, block/total ratio 68.8%, and number of pattern pitches 34. In the construction design, the following processes were taken: puncture resistant, cutting resistant and high wear resistant compound for tread crown compound, low heat build-up compound for tread base compound, 4-layer belt structure, $3+9+15\times 0.22+0.15$ HT steel cord for 1[#]—3[#] belt, $3\times 7\times 0.22$ HE steel cord for 4[#] belt, $3+9+15\times 0.22+0.15$ steel cord for carcass, using one-stage building machine to build tire, and single mode steamer type curing press to cure tire. It was confirmed by the finished tire test that, the inflated peripheral dimension and endurance performance met the national standard and enterprise standard.

Key words: off-the-road radial tire; structural design; construction design; finished tire performance

北京化工大学轮胎用植物油环保增塑剂研发成功

增塑剂在橡胶工业中起着非常重要的作用,可以降低胶料粘度,从而改善加工性能并降低加工能耗。2019年,全球橡胶增塑剂用量达到1 030万t。然而,目前常用的橡胶增塑剂多为不可再生的石油基小分子增塑剂,在橡胶加工过程中产生大量的挥发性有机物(VOCs),对环境造成严重污染;同时,部分石油基增塑剂含有致癌的稠环芳烃物质,对人体健康危害极大。

随着社会对可持续发展和环保的重视,开发符合新时代需求的无VOCs排放、可再生的环保橡胶增塑剂成为实现橡胶行业可持续发展的重要途径。从2012年开始,国外轮胎巨头企业(如固特异、米其林、韩泰)均纷纷提出植物油增塑剂的概念。

北京化工大学先进弹性体材料研究中心从2009年开始致力于绿色环保橡胶增塑剂的开发。植物油无毒、易获取、可再生、热稳定性高、增塑效果好,在轮胎加工和使用过程中不产生VOCs。然而,植物油直接用作橡胶增塑剂时,其双键会影响橡胶交联,导致橡胶材料力学性能下降。北京化工大学先进弹性体材料研究中心王朝副教授提出了植物油改性新方法,可以减小植物油活性双键含量,降低甚至避免植物油对橡胶交联的影响。

2019年北京化工大学联手安徽固瑞特新材料科技有限公司和中策橡胶集团有限公司,从植物

油的改性、改性植物油的批量制备到改性植物油在轮胎胎面胶中应用的工艺突破,再到轮胎的性能评价,成功开发出符合轮胎标签法的植物油雪地轮胎和高植物油量冬季轮胎。植物油轮胎的滚动阻力和高速性能与芳烃油轮胎相当,且耐低温性能更好。

中策橡胶集团有限公司王丹灵博士致力于改性植物油在轮胎中的应用开发,认为植物油增塑剂的成功开发可以解决轮胎在增塑剂层面的VOCs排放问题。例如,芳烃油的沸点一般在200℃左右,如果质量较差,其沸点可能降至100℃左右,而改性植物油的沸点在400℃左右。根据气味试验国家标准及测试方法,改性植物油胎面胶的气味等级比环保芳烃油胎面胶低半级以上。改性植物油轮胎符合环保的要求,是颇具潜力的下一代轮胎用生物基环保增塑剂。

安徽固瑞特新材料科技有限公司邵进董事长长期专注于绿色轮胎助剂及相关材料的研发,其公司通过与北京化工大学紧密合作,共同努力,克服了一系列技术难题,2019年双方就植物油改性专利实现了转让,成功开发出新型改性植物油增塑剂产品。多次试验证明,这款产品既能满足轮胎工业生产中的性能要求,取代石油基芳烃油增塑剂,又符合国家对环保和可持续发展的新要求,在橡胶和轮胎工业中具有巨大的发展潜力和广阔的市场前景。

(本刊编辑部)