

超长运距21.00R35 E2高速工程机械子午线轮胎的开发

赵 君,张燕龙,殷洪鑫

[泰凯英(青岛)专用轮胎技术研究开发有限公司,山东 青岛 266100]

摘要:介绍针对超长运距的21.00R35 E2高速工程机械子午线轮胎的开发。结构设计:外直径 1 990 mm,断面宽 568 mm,行驶面宽度 480 mm,行驶面弧度高 13 mm,胎圈着合直径 882 mm,胎圈着合宽度 406.4 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.88,胎面采用4条主花纹沟槽、小块状花纹带有散热小沟槽设计,花纹深度 32 mm,花纹饱和度 67.8%,花纹周节数 53。施工设计:胎面胶采用高耐磨、抗刺扎胶料,基部胶采用低生热胶料,1[#]—3[#]带束层采用3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线,4[#]带束层采用4×6×0.25NT HE钢丝帘线,胎体采用7×7×0.25+0.15HT钢丝帘线,采用一次法成型机成型、单模蒸锅式硫化机硫化。成品性能试验结果表明,轮胎的充气外缘尺寸达到国家标准要求,耐久性能达到企业标准要求。

关键词:工程机械子午线轮胎;超长运距;高速;结构设计;施工设计;耐久性能

中图分类号:U463.341⁺.5/.6;TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2021)11-0679-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2021.11.0679



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着国内外矿产行业的复苏,80 t级重型自卸工程机械车辆相对大中型工程机械车辆的作业运行更方便快捷,对路况要求不高,并且前期投入较少,因此得到市场的高度认可,受到终端市场的青睐,整个行业重型自卸工程机械车辆市场保有量以及工程机械轮胎需求量呈现快速增长趋势。但是,传统的斜交轮胎存在质量缺陷多、使用寿命短的问题,尤其是面对国外部分超长运距的工况条件,即运输路线的最大单程运距达到100 km,平均运距在20~70 km,车辆行驶速度最大可达75 km·h⁻¹,斜交轮胎因其自身生热过高,无法满足此类工况条件,甚至部分子午线轮胎也因生热高而出现早期肩空、冠空和爆胎等问题,未达到超长运距条件下对工程机械轮胎的性能要求^[1-3]。

为满足客户需求并提高公司经济效益,本工程研发超长运距下使用的21.00R35工程机械子午线轮胎,以期解决斜交轮胎生热高以及子午线轮

胎早期肩空、冠空及爆胎等问题,提高产品性能,为客户创造更高的价值。

1 技术要求

根据欧洲轮胎轮辋技术组织标准手册(ETRTO—2018)以及美国轮胎轮辋标准协会标准(TRA—2016),确定21.00R35全钢工程机械子午线轮胎的技术参数为:标准轮辋 15.00/3.0,充气外直径(D') 2 004(1 970.6~2 037.5) mm,充气断面宽(B') 572(554.8~623.5) mm,标准充气压力[适用于E2使用条件(重型自卸车)的轮胎] 700 kPa,标准负荷(单胎) 14 500 kg,无内胎轮胎,作业类型为搬运。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

产品结构设计时以经典力学原理作为设计架构,以平衡轮廓设计理论作为数学模型,利用有限元方法进行模拟分析,同时综合该车型在用户端的实际使用情况及作业条件,优化得出本设计轮

作者简介:赵君(1982—),男,山东威海人,泰凯英(青岛)专用轮胎技术研究开发有限公司工程师,学士,主要从事工程机械轮胎结构设计工作。

E-mail:jason.zhao@techking.com

胎的 D 为1 990 mm, B 为568 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 是轮胎与地面直接接触的平面宽度, b 和 h 对轮胎行驶过程中的稳定性和耐磨性能有较大影响,因此针对超长运距使用条件,为了保证轮胎的耐磨性能与耐热性能,在产品时需对轮胎的接地面积进行平衡,结合有限元分析,对轮胎的接地印痕进行分析优化,确定 b 和 h 的最佳值,在提升轮胎耐热性能的同时保证轮胎的耐磨性能。本次设计 b 取480 mm, h 取13 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

轮胎与轮辋配合的紧密性主要受 d 和 C 取值的影响,合适的 d 和 C 既可以获得更好的气密性、提高胎圈部位的刚性支撑,又能保证轮胎装卸方便。通常胎圈与轮辋采用过盈配合,本次设计 C 在标准轮辋宽度的基础上增大25.4 mm,取406.4 mm。同时,考虑该车型重载、高速的使用条件,为避免胎圈与轮辋间产生滑移,本次设计 d 取882 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位于轮胎断面最宽点,也是轮胎断面最薄、胎侧变形最大的位置, H_1/H_2 的选取对轮胎性能影响较大。 H_1/H_2 取值偏小,会导致轮胎胎圈出现较高的疲劳积累,导致轮胎异常损坏; H_1/H_2 取值偏大,易造成轮胎肩部应力集中,导致轮胎出现肩空和脱层等问题。工程机械子午线轮胎的负荷较大, H_1/H_2 一般选取0.73~0.90。考虑到长运距、高速的使用工况,应尽量避免肩部应力集中,减少生热,因此本次设计 H_1/H_2 取0.88。

轮胎断面轮廓如图1所示。

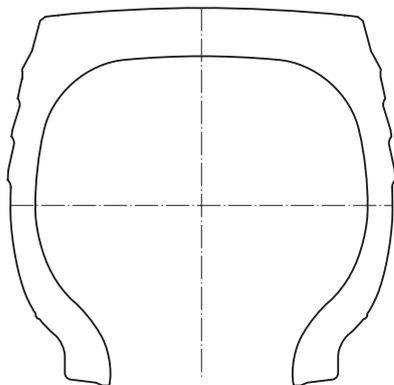


图1 轮胎断面轮廓示意

2.5 胎面花纹

该产品为非公路用途,在超长运距、高速工况下使用,轮胎的散热性能、耐磨性能、自洁性能、牵引性能须优先考虑。因此既要保证轮胎耐热、耐用,减少轮胎早期失效现象,又要延长轮胎的综合使用寿命。鉴于工程机械轮胎花纹类型属于越野花纹,且轮胎适用于山路、矿山、建筑工地、砂地等路面,因此其花纹特点为:(1)行驶面具备良好的牵引性能;(2)较好的耐磨性能;(3)良好的自洁性能,花纹沟不可夹带石子;(4)较强的抗切割及抗崩花掉块性能;(5)较好的散热性能。花纹设计以高速轮胎花纹为基础,采用4条主花纹沟槽设计,同时肩部花纹块增加散热孔,以提升轮胎的散热性能;采用小块状花纹,以提升轮胎的牵引性能;纵向花纹块之间采用加强筋设计,提升轮胎的抗崩花掉块性能和耐磨性能;花纹沟底增加防夹石凸台设计,以提升轮胎的自洁性能。花纹深度取32 mm,花纹饱和度取67.8%,花纹周节数取53。

胎面花纹展开示意图2,轮胎三维花纹效果见图3。

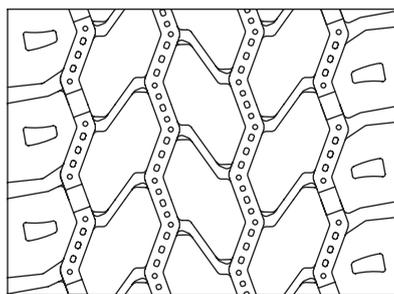


图2 胎面花纹展开示意



图3 轮胎三维花纹效果

3 施工设计

3.1 胎面

胎面是轮胎直接接触地面的部位,对胎面胶的要求一般是使轮胎在行驶时具有良好的耐磨性能、牵引性能及抗刺扎性能。考虑该车型作业工况及方式的特殊性,结合竞品的主要失效模式,胎面胶选用生热相对较低、耐磨性能较好、抗刺扎性能优异的胶料配方,以保证轮胎在超长运距、高速作业状态下的性能表现良好。对基部胶的要求是生热低、散热好、有较高的撕裂强度,且其与带束层接触,还应具有良好的钢丝粘合性能,同时要考虑其与带束层之间的过渡作用,因此选用低生热、高定伸和抗撕裂的胶料,既有利于降低轮胎在作业状态下的生热,又保证胎面与带束层之间具有良好的过渡性能。

3.2 带束层

全钢工程机械子午线轮胎一般采用4—6层带束层结构,最贴近胎体的为1#带束层。1#和2#带束层为过渡层;3#和4#带束层为主要受力层,采用强度高、胶料渗透性好的钢丝帘线;5#和6#带束层为保护层,采用高伸长钢丝帘线。带束层决定了轮胎性能和使用质量。带束层设计应保证其与胎体帘线有一定的受力分配,以提高轮胎的操纵稳定性、耐磨性能和抗刺扎性能^[4-11]。本次设计选择了4层带束层结构,其中1#—3#带束层采用3+9+15×0.22+0.15NT钢丝帘线,4#带束层采用4×6×0.25NT HE钢丝帘线。带束层安全倍数为7.6,满足标准要求。

3.3 胎体

胎体骨架材料在轮胎中主要起承载的作用,其中反包胎体高度通常高于断面水平轴,起到保护胎侧,提高承载能力的作用。本次设计考虑重载车型及使用条件,以充气后轮胎作为设计基础,采用7×7×0.25+0.15HT钢丝帘线。胎体安全倍数为7.1,满足标准要求。

3.4 胎圈

胎圈主要作用为启动和制动时,将轮胎紧固在轮辋上,承受轮辋的过盈力。保留传统工程机械轮胎用六边形钢丝圈结构,钢丝直径为2.0 mm,覆胶直径为2.2 mm,胎圈钢丝根数为183,胎圈的

安全倍数为9。

3.5 成型

对于成型工艺主要考虑两点,一是考虑生产效率,尽可能减少生产过程中物料和人力的浪费,二是考虑生产人员的操作便捷性,降低劳动强度,提升生产工艺的准确性。采用一次法成型机进行生产,可一次性完成单胎的生产流程,效率较高。

3.6 硫化

采用单模蒸锅式硫化机硫化^[12-14]。硫化条件为:内温 (173±3) °C,外温 (143±3) °C,内压 (2.8±0.1) MPa,外压 (0.21±0.02) MPa,总硫化时间 196 min。硫化轮胎外观质量检测合格,无过硫和缺胶等现象。

4 成品性能

4.1 外缘尺寸

按GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》测定轮胎外缘尺寸。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1 996和582 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能试验方法》并结合企业测试标准进行轮胎耐久性能试验,试验条件见表1,试验结果要求按国家标准完成前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10阶段。试验结果表

表1 轮胎耐久性能试验条件

阶段	负荷率/%	试验速度/(km·h ⁻¹)	试验时间/h
1	100	13	16
2	100	15	17
3	100	17	9
4	100	19	10
5	100	21	10
6	100	23	11
7	100	25	9
8	100	27	7
9	100	29	7
10	100	31	7
11	100	33	7
12	100	35	42

注:充气压力 800 kPa;标准负荷 14 500 kg;环境温度 28~31 °C。

明,实际测试中轮胎进入第12阶段结束,累计行驶152 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。

5 结语

本次针对超长运距、高速使用条件设计开发的21.00R35 E2工程机械子午线轮胎的充气外缘尺寸满足国家标准要求,耐久性能满足企业标准要求,并且远高于国家标准要求。该产品投入市场使用一段时间后,客户反馈使用效果良好,肩空和爆胎损坏比例明显减小,为此类型的矿用轮胎应用提供了有效的解决方案,并为公司带来了较高的经济效益。

参考文献:

- [1] 梁守智,钟延堃,张丹秋. 橡胶工业手册(修订版) 第四分册 轮胎[M]. 北京:化学工业出版社,1989.
- [2] 程超. 全钢工程机械子午线轮胎的设计[J]. 汽车世界,2019(9): 22.
- [3] 程超,张鹏,龙云山,等. 14.00R25工程机械子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2020,40(12): 722-725.

- [4] 王宝凯. 205/55R16子午线轮胎的结构设计、带束层优化与性能研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2020.
- [5] LONG X Y, LI X G, SUN M W, et al. Quantitative analysis of bond and splice strength of steel cord conveyor belt[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2020, 34(14): 1544-1555.
- [6] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎带束层帘线的有限元优化设计[J]. 橡胶工业,2020,67(3): 209-213.
- [7] 石亦平,周玉蓉. ABAQUS有限元分析实例详解[M]. 北京:机械工业出版社,2006: 137-138.
- [8] CHO J R, KIM K W, YOO W S, et al. Mesh generation considering detailed tread blocks for reliable 3D tire analysis[J]. Advances in Engineering Software, 2004, 35(2): 105-113.
- [9] MIR HAMID REZA GHOREISHY. Finite element analysis of the steel-belted radial tire with tread pattern under contact load[J]. Iranian Polymer Journal, 2006, 15(8): 667-674.
- [10] 庄继德. 现代汽车轮胎技术[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2001: 1-10.
- [11] 刘锋,李丽娟,杨学贵. 轮胎与地面接触问题的非线性有限元分析[J]. 应用力学学报,2001,18(4): 141-146.
- [12] 姚钟尧. 确定和优化轮胎硫化时间的方法[J]. 特种橡胶制品, 2005, 26(3): 32-41.
- [13] 梁星宇,周木英. 橡胶工业手册(修订版) 第三分册 配方与基本工艺[M]. 北京:化学工业出版社,1989.
- [14] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京:中国石化出版社,2004.

收稿日期:2021-05-11

Development of 21.00R35 E2 High Speed Off-The-Road Radial Tire for Ultra-long Distance

ZHAO Jun, ZHANG Yanlong, YIN Hongxin

[Techking(Qingdao) Special Tire Technology Research and Development Co., Ltd., Qingdao 266100, China]

Abstract: The development of 21.00R35 E2 high speed off-the-road radial tire for super long haul distance was described. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 990 mm, cross-sectional width 568 mm, width of running surface 480 mm, height of running surface 13 mm, bead diameter at rim seat 882 mm, bead width at rim seat 406.4 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.88, the tread was designed with 4 main pattern grooves and small block pattern with small heat dissipation grooves, pattern depth 32 mm, block/total ratio 67.8%, and number of pattern pitches 53. In the construction design, the following processes were taken: using highly wear resistant and puncture resistant tread compound and low heat build-up base compound, 3+9+15×0.22+0.15NT steel cord for 1[#]-3[#] belt, and 4×6×0.25NT HE steel cord for 4[#] belt, 7×7×0.25+0.15HT steel cord for carcass, using one stage building machine to build tire and single mold steamer type vulcanizing press to cure tire. The test results of the finished tire showed that, the inflated peripheral dimension met the requirements of national standards, and the durability met the requirements of enterprise standards.

Key words: off-the-road radial tire; super long haul distance; high speed; structure design; construction design; durability