

385/95R25无内胎起重机全钢子午线轮胎的设计

李晓明, 宋朝兴, 崔志武, 王彩红, 薛利杰

(风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003)

摘要:介绍385/95R25无内胎起重机全钢子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 1 365 mm,断面宽 380 mm,行驶面宽度 310 mm,行驶面弧度高 10 mm,胎圈着合直径 628 mm,胎圈着合宽度 258 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.772,胎面采用混合型花纹,花纹深度 25 mm,花纹周节数 18,花纹饱和度 88.3%,胎肩增加散热槽设计。施工设计:胎面采用双复合结构,胎体采用3+9+15×0.225HT钢丝帘线,带束层结构采用4层设计,1#带束层采用3+9+15×0.22+0.15HT钢丝帘线,2#和3#带束层采用3+9+15×0.225HT钢丝帘线,4#带束层采用3×7×0.20HE钢丝帘线;采用一次法两鼓成型机成型,双模热板式硫化机硫化。成品轮胎试验结果表明,轮胎的充气外缘尺寸、强度性能、高速性能和耐久性能均达到相应设计和国家标准要求。

关键词:起重机;全钢子午线轮胎;结构设计;施工设计;成品轮胎性能

中图分类号:TQ336.1;U463.341⁺.5

文章编号:2095-5448(2023)05-0248-04

文献标志码:A

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2023.05.0248



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,随着经济发展,我国的基础设施建设逐渐增多。建设过程需要吊装和运输大量大体积和大质量的材料,因此,起重机市场需求快速增长,国内大的主机厂在起重机方面的研究投入也越来越多,产品逐渐完善。轮胎作为起重机的主要配件之一,其需求量也随之增大。

目前,根据各大主机厂起重机使用的主流轮胎规格^[1],我公司开发了385/95R25无内胎起重机全钢子午线轮胎,以完善我公司高速吊车类轮胎产品系列,创造更大的盈利空间。现将该产品设计情况介绍如下。

1 技术要求

参考《中国轮胎轮辋气门嘴标准年鉴(CAS)》和《欧洲轮胎轮辋技术组织标准手册(ETRTO)》及客户需求^[2-3],确定385/95R25无内胎起重机全钢子午线轮胎的技术参数为:标

准轮辋 10.00/1.5~25,充气外直径(D') 1 368(1 348~1 391) mm,充气断面宽(B') 385(368.6~401.8) mm,额定负荷 6 000 kg,标准充气压力 900 kPa。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

由于带束层采用钢丝帘线,子午线轮胎胎冠位置整周的箍紧力大,伸长量较小,轮胎在充气后直径变化较小,因此轮胎的外直径膨胀率(D'/D)接近1。本次设计结合有限元分析,参考类似规格14.00R25轮胎设计经验, D'/D 取1.002, D 取1 365 mm。

B 指轮胎断面水平轴位置处的最大宽度, B 的选取对于 D' 和轮胎负荷能力都有较大的影响, B 值选取需要综合考虑轮胎负荷能力及外缘尺寸要求^[4]。本次设计在有限元分析的基础上, B'/B 取1.013, B 取380 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 和 h 对于轮胎性能及寿命都有重大影响。增

作者简介:李晓明(1992—),男,河南焦作人,风神轮胎股份有限公司助理工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计工作。

E-mail:51294153@qq.com

大 b 可以增大轮胎的接地面积和接地稳定性,使轮胎操控性能提高。 h 对于接地印痕形状及胎面的耐磨性能有较大的影响, h 过大,轮胎在使用中,胎冠中心位置接地压力大,容易出现磨冠问题; h 过小,轮胎在使用中胎肩位置接地压力大,容易出现偏磨问题。

本次设计结合有限元分析技术,胎面采用两段弧设计, b 取310 mm, h 取10 mm,接地印痕形状接近矩形,胎面最大接地压力控制在1.5 MPa以下,可避免轮胎在使用早期出现异常磨损问题。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

d 的选取需要考虑使用轮辋的标定直径,通常 d 要比轮辋直径小,以防止轮胎在使用中出现漏气及滑圈(轮胎与轮辋之间发生滑动)问题,但是 d 过小也会出现轮胎拆卸困难。结合有限元分析技术,本次设计胎圈压紧力控制在10 MPa以内, d 取628 mm。

C 的选取对于胎体过渡以及胎圈部位的应力分布都有较大的影响。 C 过小会导致胎体过渡困难,负荷状态下胎体的压缩力过大,胎圈容易出现鼓包问题; C 过大,轮胎在超载条件下使用时胎圈与轮缘的接触位置容易出现割裂现象。结合有限元分析技术及设计经验,本次设计 C 取258 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处,通常为上下胎侧的过渡区域,该区域厚度薄,负荷状态下轮胎变形大。如果断面水平轴向胎肩方向移动,会导致胎肩带束层端点的应力增大,生热高,轮胎在使用过程中会出现肩空问题;反之,断面水平轴向胎圈方向移动,会导致胎圈部位的变形增大,生热高,轮胎在使用中易出现鼓包问题。因此, H_1/H_2 的选取对于轮胎性能的影响非常大。本次设计经过多方面分析验证,当 H_1/H_2 取0.772时,断面水平轴所在位置最佳,即 H_1 取160.5 mm, H_2 取208 mm。轮胎断面轮廓如图1所示。

2.5 胎面花纹

为了同时满足车辆的驱动力和高速性能要求,轮胎胎面采用混合型花纹设计,花纹深度为25 mm,纵沟采用直沟设计,高速性能提升;横沟采用变节距设计,花纹周节数为18,起到降低噪声、提升舒适性的效果;花纹块采用大块设计,花纹饱和

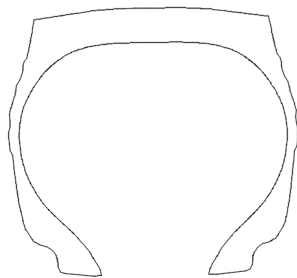


图1 轮胎断面轮廓示意

度高达88.3%,既能够保证车辆行驶稳定性,又能延长轮胎使用寿命;胎肩增加散热槽设计,可提升高速性能和防侧滑性能。

轮胎整体花纹效果如图2所示。



图2 轮胎整体花纹效果

3 施工设计

3.1 胎面

由于385/95R25无内胎起重机全钢子午线轮胎需要在高速状态下行驶,需要考虑轮胎的耐磨性能及散热性能。本次设计采用双复合挤出胎面,上层胎面胶选用耐磨性能好的特殊配方,底层胎面胶采用生热低的配方^[5],且挤出胎面时采用低温供胶工艺,可降低胎面气孔率,提升胎面耐磨性能,延长胎面使用寿命。

胎面结构如图3所示。

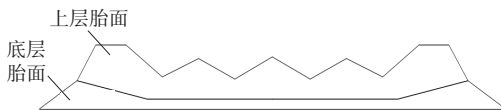


图3 胎面结构示意图

3.2 胎体

由于胎体在轮胎负荷状态下起着关键的承载作用,胎体必须采用强度高的钢丝帘线,同时,轮胎在转动过程中,钢丝帘线产生变形,胎体的耐疲

劳性能也需要考虑,因此,胎体需要选择强度高、渗透性能和耐疲劳性能好的钢丝帘线。

本次设计胎体采用3+9+15×0.225HT钢丝帘线,通过薄膜-网络理论计算公式^[6]求得胎体帘线的安全倍数为13,满足设计要求。

3.3 带束层

考虑本产品实际使用中不存在超载现象,带束层采用传统的4层结构设计,且在安全倍数满足要求的前提下,尽可能使用质量轻、成本低的钢丝帘线。1[#]带束层(过渡层)采用3+9+15×0.22+0.15HT钢丝帘线,压延角度为55°,2[#]及3[#]带束层(工作层)采用3+9+15×0.225HT钢丝帘线,压延角度均为24°,4[#]带束层(保护层)采用3×7×0.20HE钢丝帘线,压延角度为30°。通过彼德尔曼公式计算得到带束层的安全倍数为6,满足设计要求。

3.4 胎圈

轮胎的装配性能和安全性能与胎圈密切相关,胎圈直径过大会导致滑圈问题,胎圈直径过小会导致胎圈压紧力过大,轮胎不好装卸,胎圈的安全倍数过低会导致胎圈抽丝爆等问题。此外,钢丝圈过宽会导致胎圈过大、质量大、市场竞争力低^[7]。

本次设计钢丝圈采用7-12-8的排列方式,覆胶钢丝直径为2.1 mm,钢丝圈直径为650 mm,安全倍数为2.5,满足设计要求。

3.5 成型和硫化

结合工艺、设备现状及生产效率确定成型工艺。本产品采用效率较高的一次法两鼓成型机成型,为确保不出现外观质量问题,采取胶囊反包工艺,贴合鼓宽度为1 050 mm,机头直径为600 mm,半部件采用红外线灯标进行定位,成型精度满足要求。

成型结束后,胎坯在1 727.3 mm(68英寸)双模热板式硫化机上进行硫化,硫化胶囊采用RB12004型,硫化装锅前胶囊的拉伸高度为800 mm,装锅过程中一次定型高度为650 mm,二次定型高度为500 mm。硫化条件为:循环水压力 2.3 MPa,循环水温度 160 ℃,上、下热板温度 150 ℃,总硫化时间 90 min。

4 成品性能

4.1 充气外缘尺寸

轮胎试制完成后,抽取一条外观和X光均合格的外胎,参照GB/T 521—2016《轮胎外缘尺寸测量方法》进行充气外缘尺寸测量。测量条件如下:轮辋 10.00/1.5~25,充气压力 900 kPa,试验负荷 6 000 kg。轮胎的 D' 为1 370 mm, B' 为387 mm,均满足国家标准及设计要求。

4.2 强度性能

成品轮胎强度性能按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行测试。测试条件如下:轮辋 10.00/1.5~25,环境温度 22.4 ℃,充气压力 900 kPa,压头直径 38 mm。测试结果表明,轮胎的破坏能为3 976~4 987 J,客户要求最小破坏能 $\geq 3 970$ J,轮胎强度性能满足客户要求。

4.3 高速性能

成品轮胎按照GB/T 4501—2016进行高速性能测试,轮胎初始充气压力为900 kPa,标准负荷为6 000 kg,试验结果如表1所示。

表1 轮胎高速性能试验结果

试验阶段	行驶速度/(km·h ⁻¹)	行驶时间/min
1	0~60	10
2	60	10
3	70	10
4	80	至损坏

从表1可以看出,试验结束时测试达到第4阶段,累计行驶时间为295 min,轮胎出现胎冠鼓包现象,失效模式为热损坏。轮胎高速性能良好,满足设计和国家标准要求。

4.4 耐久性能

成品轮胎按照GB/T 4501—2016进行耐久性试验。轮胎初始充气压力为900 kPa,负荷为6 000 kg,试验速度为35 km·h⁻¹,结果如表2所示。

表2 轮胎耐久性试验结果

试验阶段	负荷率/%	行驶时间/h
1	65	7
2	85	16
3	100	24
4	110	至损坏

从表2可以看出,试验结束时测试达到第4阶段,累计行驶时间为127 h,轮胎出现胎肩鼓包现象,失效模式为热损坏。轮胎耐久性能良好,满足设计和国家标准要求。

5 结语

在我公司385/95R25无内胎起重机全钢子午线轮胎的结构设计及施工设计中,充分使用了有限元分析技术,实现了从设计到成品的全过程仿真,打破了以往的经验式设计,设计方案可靠,工艺通过性强,轮胎的充气外缘尺寸、强度性能、高速性能和耐久性能均满足相应设计及国家标准要求,符合开发预期。该产品市场反馈良好,目前已经成为公司的一个盈利增长点。

参考文献:

- [1] 丁建峰,彭友俊. 浅谈国内外起重机的现状及发展趋势[J]. 科技尚品, 2016(2): 47.
- [2] 中国标准化协会. 中国轮胎轮胎气门嘴标准年鉴(CAS)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 4-37.
- [3] 全国轮胎轮胎标准技术委员会秘书处. 欧洲轮胎轮胎技术组织标准手册(ETRTO)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [4] 裴权华,王志平,何跃,等. 港口跨运机用16. 00R25全钢工程机械子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2019, 39(4): 203-206.
- [5] 王银竹,王传铸,赵君,等. 白炭黑湿法混炼母胶在全钢工程机械子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. 橡胶工业, 2022, 69(5): 342-346.
- [6] 俞淇. 子午线轮胎结构设计与制造技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 138-139.
- [7] 李仁国,朱作勇,成建超,等. 145R12LT 80/78N轻型载重子午线轮胎胎圈着合宽度对轮胎性能的影响[J]. 轮胎工业, 2020, 40(12): 726-729.

收稿日期: 2022-12-02

Design on 385/95R25 Tubeless All-steel Radial Tire for Crane

LI Xiaoming, SONG Chaoxing, CUI Zhiwu, WANG Caihong, XUE Lijie

(Aeolus Tyre Co., Ltd, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: Design on 385/95R25 tubeless all-steel radial tire for crane was introduced. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 365 mm, cross-section width 380 mm, width of running surface 310 mm, arc height of running surface 10 mm, bead diameter at rim seat 628 mm, bead width at rim seat 258 mm, maximum width position of cross section (H_1/H_2) 0.772, using mixed pattern for tread, pattern depth 25 mm, number of pattern pitches 18, block/total ratio 88.3%, and adding heat sink design for shoulder. In the construction design, the following processes were taken: using 2-layer construction structure for tread, using 3+9+15×0.225HT steel cord for carcass, 4-layer structure for belt, 3+9+15×0.22+0.15HT steel cord for 1[#] belt, 3+9+15×0.225HT steel cord for 2[#] and 3[#] belts, 3×7×0.20HE steel cord for 4[#] belt, using one-stage two-drum building machine to build tire and dual-mold hot plate curing press to cure tire. The test results of the finished tire showed that the inflation peripheral dimension, strength performance, high-speed performance and durability of the tire met the requirements of the corresponding design and national standard.

Key words: crane; all-steel radial tire; structure design; construction design; finished tire performance

声 明

《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》均不收取审稿费。任何机构、个人以任何名义向作者收取审稿费均为诈骗行为。请广大作者互相转告,勿信诈骗信息。作者投稿请直接登录官网(www.rubbertire.com.cn),在投稿系统中可查询稿件录用结果。有任何疑问请及时与编辑部联系。