

21.00—25 40PR TL E-3 桥吊用 无内胎工程机械轮胎的设计

庄玉森,高卫东,马涛,台术明,程磊

(威海中威橡胶有限公司,山东威海 264200)

摘要:介绍 21.00—25 40PR TL E-3 桥吊用无内胎工程机械轮胎的设计。结构设计:外直径 1756 mm,断面宽 545 mm,行驶面宽 500 mm,胎圈着合直径 630 mm,花纹深度 43.5 mm。施工设计:胎面采用热缠绕法成型,胎体和缓冲层帘布分别采用 22 层 1400dtex/3V₁ 和 4 层 930dtex/2V₂ 锦纶 66 帘线,成型机头直径 960 mm,硫化采用罐式胶囊硫化工艺。试验轮胎充缘尺寸和物理性能符合国家标准要求,气密性能和耐磨性能良好,使用寿命能超过 3 年,完全达到设计要求。

关键词:桥吊用工程机械轮胎;无内胎轮胎;结构设计;施工设计

桥吊主要用于港口、码头、火车堆场等处的集装箱堆高和装卸,其轮胎的主要规格为 18.00—25 40PR E-3 和 21.00—25 40PR E-3,作业特点是低速、大负荷、大转矩,使用条件非常苛刻。为满足市场需求,近几年我公司相继开发了桥吊用工程机械轮胎系列产品,取得了较好的效果。现将 21.00—25 40PR E-3 桥吊用无内胎工程机械轮胎的设计情况介绍如下。

1 技术要求

集装箱桥吊(RTG)的自质量为 140 t,配 8 条 21.00—25 轮胎,载质量 40 t 以上,堆垛能力 2.62 m×6 层。无支撑机构的桥吊原地转弯时,轮胎胎圈部位转矩大,瞬间冲击负荷较大,易出现趾口爆、热脱层等问题。桥吊对配套轮胎的技术要求为:桥吊作业场地路面一般为水泥硬路面,比较粗糙,要求轮胎耐磨性能、抗切割性能和抗撕裂性能好;桥吊多数时间静止但超负荷作业,要求轮胎下沉量小,稳定性好;桥吊一般露天作业,要求轮胎使用寿命超过 3 年。

根据使用条件和 GB/T 2980 要求,确定本设计 21.00—25 40PR TL E-3 桥吊用无内胎工程

机械轮胎主要技术参数为:层级 40PR,花纹型号 E-3(块状花纹),标准轮辋 15.00/3.0,充气外直径(D')(1750 ± 26.25) mm,充气断面宽(B')(570 ± 19.95) mm,在最高速度 $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 、充气压力 825 kPa 下最大负荷为 20600 kg。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

在保证轮胎负荷能力和满足国家标准的前提下, D 尽可能取小值,以降低轮胎成本。轮胎外缘尺寸膨胀率与轮胎花纹、骨架材料、施工设计、材料压延工艺性能和硫化方式等有很大关系。参照类似规格轮胎的尺寸膨胀率和以往的设计经验,外直径膨胀率(D'/D)取 0.996,断面宽膨胀率(B'/B)取 1.045,则 D 取 1756 mm, B 取 545 mm。

2.2 行驶面宽(b)和行驶面弧度高(h)

稳定性对集装箱搬运设备的安全和运行至关重要,轮胎胎冠半径较大,胎冠横向的接地压力均匀,轮胎运行稳定性能、牵引性能及耐磨性能提高。本设计 b 取 500 mm, h 为 40 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)

无内胎轮胎的密封主要靠胎圈与轮辋直径的过盈配合和胎趾角度的配合。为满足胎圈与轮辋着合紧密和装卸方便的要求, d 取630 mm,同时胎圈底部倾斜角度比轮辋座倾斜角度大 1° ,以提高胎圈与轮辋配合的紧密程度。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

H_1/H_2 的取值对轮胎的使用性能影响很大。由于本设计轮胎负荷大,而且胎肩比较厚,为确保轮胎的最大屈挠位置位于水平轴上,避免应力集中于胎圈部位, H_1/H_2 取0.7288。

2.5 胎面花纹

胎面花纹对轮胎的性能如牵引性能、耐磨性能、散热性能等有重要影响。本研究采用耐磨型块状花纹E-3,花纹深度取43.5 mm,花纹周节数为25,花纹饱和度为66.8%。该花纹接地面积大,轮胎行驶平稳,抓着性能和耐磨性能好;花纹沟底采用大圆弧过渡,以减小沟底应力集中,避免轮胎因负荷过大而造成沟底裂口现象。展开的胎面花纹如图1所示。

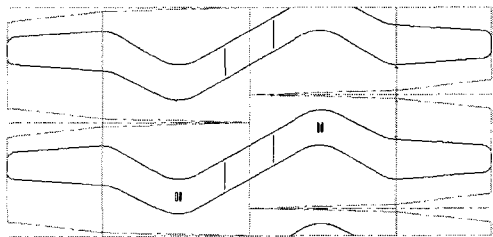


图1 胎面花纹展开示意

2.6 胎肩

为提高胎肩接地支撑性能,本设计轮胎采用切线形胎肩,即肩沟较长、较宽、较深,并与胎面花纹沟连通,以便散热,减少厚胎面带来的肩空危险。

3 施工设计

3.1 胎面

胎面胶采用抗撕裂性能较好的工业车辆轮胎胎面胶专用配方,胎面胶的定伸应力和硬度高,特别适合于条件苛刻的作业场合。

胎面成型采用热缠绕法,不但大大提高了胎

面的密实性,而且可有效减少崩花掉块和接头开裂现象。

胎侧胶加入抗臭氧剂,以提高胎侧耐屈挠性能和耐老化性能,避免或减少胎侧出现裂口问题。

3.2 胎体

本设计轮胎载荷很大,使用条件非常苛刻,应有坚实的胎体结构,以减小下沉量,避免胎体爆破。为此,胎体帘线采用22层高强力1400dtex/3V₁锦纶66特粗帘线,成型方式为3,3-3,3-3,3-4,胎体帘布采用等宽错贴方式,胎体安全倍数达10,轮胎整体抗变形能力大。

缓冲层采用4层930dtex/2V₃锦纶66帘线,双宽结构,达到防擦线部位,这种设计增大了胎冠强度,使胎冠可承受轮胎在行驶时或突然停止时由于惯性作用而产生的剪切应力,有利于减少胎面脱层。

3.3 气密层

桥吊用轮胎气压较高,为防止胎腔空气经过气密层渗透到胎体帘布层内引起脱层,气密层必须具有良好气密性能。本设计气密层胶选用氯化丁基橡胶/天然橡胶(并用比70/30)并用胶,该并用胶兼顾良好的气密性能和工艺性能。气密层厚度为3.5 mm,宽度以包到胎趾部位为佳。

3.4 胎圈

胎圈采用加强型结构,以承受桥吊定点转向时对胎圈的转矩作用,减少胎体变形。

本设计胎圈钢丝采用直径0.96 mm的回火钢丝,钢丝圈结构为12×16,3个钢丝圈采用不同的内径,以保证钢丝圈底部材料压缩因数基本一致,防止钢丝圈受力不均,提高轮胎与轮辋的密封性能。钢丝圈的安全倍数达12.8,远高于一般钢丝圈的安全倍数(3~4)。

胎圈包布采用双层单丝锦纶网眼布。

为有效抑制胎体和胎侧变形区域向胎圈部位转移,适当提高胎体帘布的反包高度。

3.5 成型

采用5*半自动压辊包边成型机。成型机头直径为960 mm。本设计帘布假定伸张值取1.03,根据材料分布图,计算出机头宽度为1183 mm。

3.6 硫化

为避免成品轮胎出现气泡、脱层等质量缺陷,特别要求加大胎坯刺孔密度,烘胎时间确保不得短于48 h。

采用立式硫化罐胶囊硫化,硫化时循环过热压力不低于3.0 MPa,以确保足够的硫化压力。通过埋线测温确定出合理的硫化时间。

3.7 气孔设计

硫化后,在成品轮胎肩部和胎圈部位刺孔,孔径为2.5 mm,刺孔不能达气密层(无内胎),以减少胎里渗透压力导致的轮胎脱层现象。为便于刺孔,在外胎模具上标记刺孔位置。

3.8 外观设计

轮胎上注明“Industrial service(工业服务)”或“Port use(港口用)”字样,以表明用于低速、重载的集装箱装卸设备。

4 工艺设计

港口专用工程机械轮胎生产工艺复杂、成本较高,必须精工细作,严格工艺管理,否则会造成严重的经济损失。生产过程中需特别注意以下几个关键工艺点,有效提高轮胎内在质量。

(1)确保气密层宽度和定长,搭头长度严格控制在公差范围内,以减少胎里漏气问题。

(2)缓冲胶片贴合时应平整无气泡,缓冲胶片边部盖住缓冲帘布端点。

(3)三角胶接头应平整,无脱开、缺空和翘起现象,包布压实、压牢,不露胶条。

(4)贴合、成型时适时停机以消除气泡。

(5)钢丝圈必须上正。

(6)确保帘布筒和气密层上正,避免胎圈宽窄不一。

(7)胎里滑石粉涂刷均匀,保证半成品先进先出,减少因胎坯变形而造成的成品轮胎胎里露白现象。

(8)为保证胎面胶之间及胎面和胎体之间的粘合性能,确保缠绕胶条保持适当温度。

(9)确保烘胎时间。

(10)确保胎坯刺孔质量和刺孔间距,胎肩部位刺孔间距不大于5 cm,接头处密扎孔。

5 成品轮胎性能

5.1 充气外缘尺寸

将成品轮胎安装在13.00/3.0-25标准无内胎轮胎辋上,在充入825 kPa气压后停放24 h,测得成品轮胎 D' 为1731.3 mm, B' 为575.6 mm,符合设计要求。

5.2 物理性能

根据GB/T 1190测得成品轮胎物理性能,结果见表1。可以看出,成品轮胎物理性能达到国家标准要求。

表1 成品轮胎物理性能

项 目	实测值	GB/T 1190
胎面胶性能		
邵尔 A 型硬度/度	67	≥ 55
拉伸强度/MPa	23.2	≥ 16.5
拉断伸长率/%	530	≥ 350
阿克隆磨耗量/ cm^3	0.20	≤ 0.50
黏合强度/ $(\text{kN} \cdot \text{m}^{-1})$		
缓冲胶-缓冲帘布层	13.0	≥ 8.0
缓冲帘布层间	11.2	≥ 7.0
缓冲层-胎体帘布层	10.3	≥ 6.0
胎体帘布层间 ¹⁾	10.0	≥ 5.5
胎侧-胎体帘布层	10.1	≥ 5.5

注:1)各层间黏合强度平均值。

5.3 使用性能

2003年起成品轮胎小批量投放美国迈阿密港口进行实际装车试验,目前试验已经结束。试验得出,轮胎平均寿命可达到3年以上,轮胎整体刚性大,下沉量小,生热低,气密性能优良,耐磨性能较好,用户很满意。

6 结语

本设计21.00-25 40PR E-3桥吊用无内胎工程机械轮胎工艺性能良好,外缘尺寸和物理性能达到设计要求,未出现趾口爆、热脱层等问题,质量稳定,性价比高,完全满足车辆实际使用要求,市场竞争力强,经济效益显著。目前,该规格轮胎已批量生产,用户不断追加定单,成为公司新的经济增长点。