

智能工厂全自动胎坯立体库中胎坯托盘对轮胎性能的影响分析及优化

苗程成,李超,聂本梁,张则高,周鹏程

(三角轮胎股份有限公司,山东威海 264200)

摘要:从智能工厂全自动胎坯立体库胎坯存放时间和温度、胎坯托盘表面材质和尺寸4个方面研究其对载重子午线轮胎性能的影响。结果表明:胎坯存放时间尽量缩短,应小于24 h;存放温度宜在24℃左右;胎坯托盘倾角应与胎坯倾角相近,托盘内、外直径应与胎坯内、外直径相匹配,托盘边缘采用倒圆角,托盘表面采用塑料材质且加工成弧面;优化后胎坯的压痕深度较小,轮胎的外观、X光检测合格,动平衡性能变化不大。

关键词:全自动立体库;胎坯;托盘;尺寸;存放时间;存放温度

中图分类号:TQ336.1;TQ330.4⁺93

文章编号:2095-5448(2023)11-0546-05

文献标志码:A

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2023.11.0546



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

全自动胎坯立体库作为智能轮胎工厂中成型与硫化工序之间胎坯的中转暂存系统,具有空间利用率和自动化程度高等优点,可以极大地节省人员和空间成本,提高胎坯中转效率,减少运输和存储过程中对胎坯的碰撞^[1-4]。

胎坯托盘作为胎坯的承载装置是全自动胎坯立体库的重要组成部分,为方便堆垛机十字叉转运胎坯,胎坯托盘等比例分为4块。载重子午线轮胎胎坯体积和质量大,在4等分胎坯托盘上存放易产生变形和较深压痕,通过现场跟踪试验发现胎坯托盘的尺寸、表面材质、胎坯存储条件等对轮胎性能影响较大。

本工作从全自动胎坯立体库中胎坯存储环境温度和时间、胎坯托盘表面材质和尺寸4个方面研究其对载重子午线轮胎性能的影响,采用多种方案进行优化,在保证运转效率的同时,选取最优方案改善轮胎的性能。

作者简介:苗程成(1986—),男,山东威海人,三角轮胎股份有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计和配套市场服务工作。

E-mail:miaochengcheng@triangle.com.cn

1 胎坯托盘对轮胎性能的影响

(1)胎坯作为橡胶制品,放在托盘上时会与托盘或多或少发生粘连。胎坯在托盘上放置一段时间后在胎肩和胎侧位置有较深的压痕。胎坯上若有明显凹槽和沟壑,在硫化时胶料为填补空隙会大幅流动,硫化后的成品轮胎在该位置可能会发生缺胶^[5]。

(2)胎坯托盘安装不正或胎坯摆放不正时,压痕加深易造成钢丝变形,而胎坯在转运时发生碰撞或存放时发生变形会破坏钢丝的排列,在X光检测时会出现钢丝稀线、变形。因此在胎坯存放时应尽可能减小变形,在胎坯转运过程中尽量避免碰撞。

(3)胎坯在存放时如果变形较大也会降低成品轮胎的动平衡性能,轮胎在车辆行驶过程中可能会发生方向盘抖动、车辆跳动等现象,且车速越快越明显,直接影响驾驶舒适性和操控稳定性^[6]。轮胎动平衡性能要求轮胎各处质量均匀分布,其中胎坯在存放过程中不发生变形是重要一环,良好的胎坯托盘可以使轮胎在成型后到硫化前的存放过程中不发生较大变形和材料位移^[7]。

2 实验

2.1 试验方案

2.1.1 使用条件筛选

为考察胎坯托盘对轮胎性能的影响,选用不同轮辋直径(444.5,495.3,571.5和622.3 mm)的胎坯,使用同种类型托盘,分别采用不同托盘表面材质(纤维帘子布、塑料、木质、铁质)、极限胎坯存放时间(24和48 h)、胎坯存放温度(24和30 ℃),通过搬动判断胎坯与托盘的粘连程度,观察胎坯胎里变形情况和胎外压痕深度,筛选最优存放时间、温度、表面材质。

在极限胎坯存放时间、最优存放温度条件下使用不同尺寸胎坯托盘(见表1),判断托盘尺寸对胎坯胎里变形情况和胎外压痕深度的影响,筛选最优胎坯托盘尺寸。

表1 不同胎坯托盘的尺寸

托盘编号	倾角/(°)	内直径/mm	外直径/mm	表面外观
1 [#]	31	490	1 210	平面
2 [#]	25	500	1 250	平面
3 [#]	27	600	970	弧面
4 [#]	27	570	770	弧面
5 [#]	27	510	1 100	弧面

2.1.2 小批量验证

在最优胎坯托盘表面材质、胎坯存放时间和温度、托盘尺寸条件下,挑选在产规格不同轮辋直径(444.5,508.0和571.5 mm)的轮胎胎坯进行小批量验证,胎坯入库和出库采用堆垛机货叉搬运,胎坯库位置在成型与硫化车间之间,每种胎坯取2条存放24 h,检测合格进行后续验证,取10条存放4 h,取100条正常流转,存放规定时间后观察胎坯压痕和变形情况,正常硫化后检验外观、X光图像、动平衡性能。

2.2 性能检测

通过搬动胎坯难易程度判断胎坯与托盘的粘连程度;胎坯存放规定时间后使用轮胎花纹数显

深度尺测量压痕深度;轮胎硫化完成后由专业质检人员对轮胎的外观进行检测;使用X光机检测观察轮胎X光图像;通过动平衡检测机测试轮胎的动平衡性能。

3 结果与讨论

3.1 胎坯存放时间和温度

成型在恒温车间,常年温度为24 ℃左右。硫化车间常年温度为30~40 ℃。通过试验发现胎坯在托盘上存放时间越长,存放环境温度越高,胎坯粘托盘现象越严重,胎坯表面压痕越深。其中215/75R17.5和245/70R19.5胎坯在30 ℃下存放24 h,出现胎圈翘边、圈空现象,用手轻按出现下陷,这两种小胎坯胎圈处悬空(即胎圈处无托盘支撑);在24 ℃下存放24 h时未出现上述现象,因此胎坯存放温度不能过高,存放时间不宜过长,初步确定胎坯存放温度为24 ℃,存放时间不长于24 h。

3.2 胎坯托盘表面材质

胎坯分别在材质为纤维帘子布、塑料、木质、铁质的托盘上存放24 h后,搬动胎坯时都会粘托盘。在权衡性价比后托盘表面材质选择塑料,因为塑料易于注塑加工,且质量小,可以加工成空心结构,易于安装和拆卸。

3.3 胎坯托盘尺寸

为考察胎坯托盘尺寸对轮胎性能的影响,选用不同轮辋直径的胎坯(每种规格选取2个)在不同尺寸的胎坯托盘上存放24 h,存放温度为24 ℃,观察胎坯底部是否沉降,是否粘托盘,观察压痕位置,测量压痕深度,正常硫化后检验轮胎外观、X光图像、动平衡性能。

不同托盘尺寸胎坯的试验结果如表2所示。

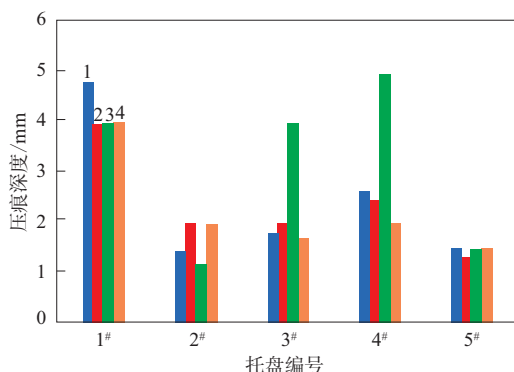
从表2可以看出,所有胎坯存放24 h后底部都有沉降,出现不同程度粘托盘的现象,其中1[#]和2[#]托盘试验有轮胎外观缺胶和X光检测钢丝变形现

表2 不同托盘尺寸胎坯的试验结果

托盘编号	存放时间/h	存放温度/℃	底部沉降	是否粘托盘	压痕位置	外观	X光检测	动平衡性能
1 [#]	24	24	轻微	粘	胎肩	有缺胶	合格	合格
2 [#]	24	24	有	粘	胎肩、胎侧、胎圈	合格	有钢丝变形	合格
3 [#]	24	24	有	粘	胎肩、胎侧	合格	合格	合格
4 [#]	24	24	有	粘	胎肩	合格	合格	合格
5 [#]	24	24	轻微	轻微	胎肩、胎侧	合格	合格	合格

象,3[#]、4[#]和5[#]托盘试验中轮胎外观、X光图像、动平衡性能均合格。

不同托盘尺寸胎坯的压痕深度见图1。



轮辋直径/mm: 1—444.5; 2—495.3; 3—571.5; 4—622.3。

图1 不同托盘尺寸胎坯的压痕深度

从图1可以看出,4种规格胎坯在5[#]托盘上的压痕较浅。

不同托盘尺寸轮胎的较优动平衡数据占比见图2。

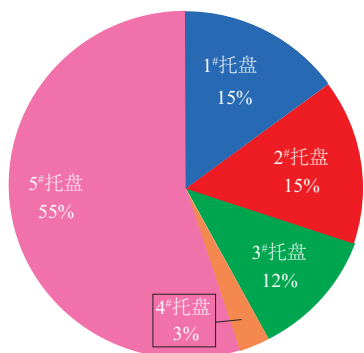


图2 不同托盘尺寸轮胎的较优动平衡数据占比

从图2可以看出,5[#]托盘试验轮胎的较优动平衡数据占比为55%,大于其他托盘试验轮胎。

综合而言,5[#]托盘胎坯的整体压痕深度较小,且轮胎外观、X光图像合格,动平衡性能较好。

分析原因如下。

第一,通过对比5种尺寸托盘的俯视图和侧视图(见图3和4)发现,胎坯托盘的内、外直径应与胎坯内、外直径匹配,这样才能保证使用同一尺寸托盘时小的胎坯不掉落,大的胎坯能放上,且托盘承载胎坯的面积更大。依据现场生产情况统计胎坯的最小、最大内直径,最小、最大外直径(见表3),

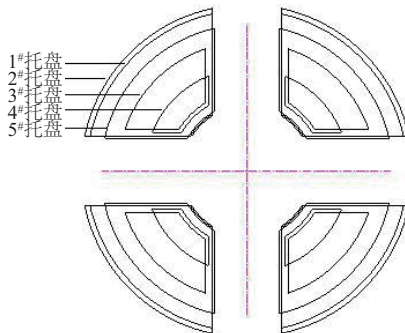


图3 5种规格胎坯托盘的俯视图

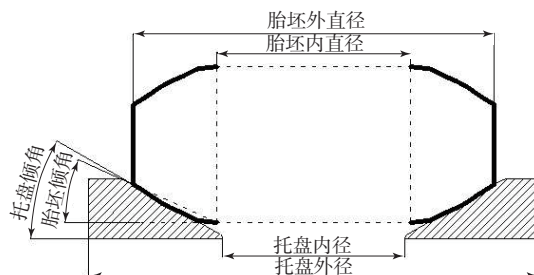


图4 胎坯托盘的侧视图

表3 有/无内胎载重子午线轮胎胎坯的内、外直径

轮胎类别	内直径/mm		外直径(规格)	
	最小	最大	最小	最大
无内胎	444.5	622.3	215/75R17.5	445/65R22.5
有内胎	508.0	508.0	7.50R20	14.00R20

为510 mm,该值在无内胎轮胎最小与最大胎坯内直径之间,外直径为1 100 mm,可保证小胎坯不掉落,大胎坯能放上。

第二,胎坯托盘倾角应与胎坯倾角相匹配,如果托盘倾角远大于胎坯倾角则胎肩受力大,胎肩压痕深;如果托盘倾角远小于胎坯倾角则下胎侧和胎圈处受力大,胎侧和胎圈压痕深。现场生产胎坯倾角均值为28.2°。5[#]托盘倾角为27°,与胎坯倾角均值相近,可以使胎坯与托盘接触部分受力均匀,从而减小压痕深度。

第三,平面托盘(1[#]和2[#]托盘)与胎坯是线接触,接触面积小,单位面积受力大,压痕深;弧面托盘(3[#]—5[#]托盘)贴合胎坯外轮廓,与胎坯是面接触,接触面积大,单位面积受力小,压痕浅。5[#]托盘为弧面设计,胎坯与托盘接触面积增大,单位面积受力减小,托盘边缘倒大圆角,光滑平缓过渡,所以胎坯压痕浅。

3.4 优化后小批量验证

通过不同尺寸胎坯托盘试验,发现5[#]托盘使用

效果最优,因此在5#托盘的基础上进行优化。考虑压痕主要在胎侧部位,所以把托盘倾角由27°调为30°,让胎肩承担一部分力,从而降低胎侧受力,同时根据胎坯尺寸和立体库设计优化了托盘内、外

直径,对托盘边缘倒大圆角,优化后的托盘(记为6#托盘)尺寸为倾角 30°,内直径 500 mm,外直径 1 070 mm,表面外观 弧面。使用6#托盘进行小批量验证试验,结果如表4所示。

表4 6#托盘小批量验证试验结果

胎坯规格	存放时间/h	存放温度/℃	底部沉降	是否粘托盘	压痕位置	外观	X光检测	动平衡性能
215/75R17.5	24	24	无	粘	胎肩	合格	合格	合格
8.25R20	24	24	无	粘	胎肩	合格	合格	合格
11.00R20	24	24	无	粘	胎肩	合格	合格	合格
12.00R20	24	24	轻微	粘	胎圈	合格	合格	合格
11R22.5	24	24	无	粘	胎肩	合格	合格	合格
12R22.5	24	24	轻微	粘	胎肩	合格	合格	合格
13R22.5	24	24	轻微	粘	胎侧	合格	合格	合格
385/65R22.5	24	24	有	粘	胎侧	合格	合格	合格

从表4可以看出,胎坯粘托盘现象仍存在,大部分规格胎坯底部无沉降,只有大规格胎坯底部有轻微沉降,硫化后轮胎外观、X光图像、动平衡性能均合格。

小批量胎坯在6#托盘存放24 h后的压痕深度如图5所示。

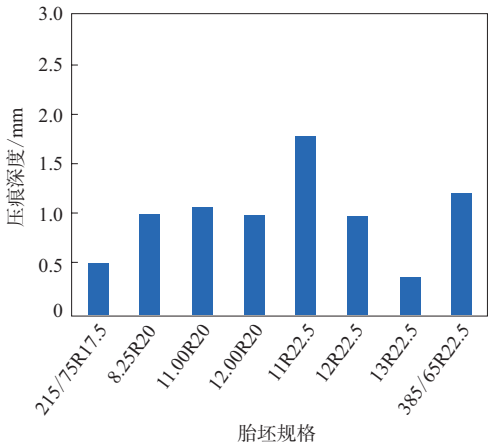


图5 小批量胎坯在6#托盘存放24 h后的压痕深度

试验结果表明,压痕基本都在胎肩位置,胎侧压痕基本看不出来。这是因为不同胎坯倾斜角度不同,托盘设计时为分散胎坯受力选取托盘倾角30°以使胎侧、胎肩都受力,11R22.5胎坯因胎侧倾角小于托盘倾角,且质量较大,所以胎肩受力大,压痕深度最大(达到1.8 mm)。

针对11R22.5胎坯胎肩压痕较深问题,可调整托盘倾角,托盘采用两段倾角(如图6所示),1段倾角为30°,2段倾角为28°~29°,降低11R22.5胎坯胎肩受力,经试验验证合格后方可使用。

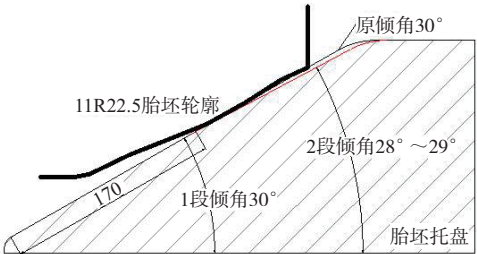


图6 两段倾角胎坯托盘示意

小批量胎坯在6#托盘存放24 h后的胎里和胎侧变形情况如图7所示。

从图7可以看出,胎坯胎里轻微变形,胎侧有压痕,主要压痕在胎肩和胎侧位置,压痕很浅。

使用立体库胎坯托盘与正常托盘的轮胎动平



(a) 胎里



(b) 胎侧

图7 小批量胎坯在6#托盘存放24 h后的胎里和胎侧变形情况

衡性能对比如表5所示。

表5 使用立体库胎坯托盘与正常胎坯托盘的轮胎的

动平衡性能对比

项 目	正常胎坯托盘	立体库胎坯托盘
总数量/条	1 382	100
单边动不平衡质量(上模)/g	89.36	90.94
单边动不平衡质量(下模)/g	70.67	65.43
静不平衡量/(g·cm)	35.71	36.19
径向跳动/mm	0.79	0.79
侧向跳动(上模)/mm	0.85	0.87
侧向跳动(下模)/mm	0.88	0.83
侧凸(上模)/mm	0.29	0.29
侧凸(下模)/mm	0.24	0.24
侧凹(上模)/mm	0.20	0.20
侧凹(下模)/mm	0.20	0.20

从表5可以看出,使用立体库胎坯托盘的轮胎的动平衡各项数据均合格,动平衡数据均值与使用正常托盘的轮胎大体持平。

试验时需人工搬运胎坯到存胎位后使用堆垛机十字叉运到相应托盘,取胎时,堆垛机十字叉从立体库取出胎坯放到取胎位,人工搬运至硫化车间,多次人工搬运对轮胎的动平衡性能也存在影响,若立体库全部正常运转后,减少人工搬运次数,预计轮胎动平衡性能会进一步提升。

4 结论

通过研究全自动胎坯立体库中胎坯存放时间和温度、胎坯托盘的表面材质和尺寸对轮胎性能的影响,采用多种方案进行优化后,得出以下结论:胎坯存放时间尽量缩短,应小于24 h;存放温度宜在24℃左右;胎坯托盘倾角应与胎坯倾角相近,托盘内、外直径应与胎坯内、外直径相匹配,托盘边缘采用倒圆角,托盘表面采用塑料材质且加工成弧面;优化后胎坯的压痕深度较小,轮胎的外观、X光检测合格,动平衡性能变化不大。

参考文献:

- [1] 汪传生,王存鑫,何树植. 自动化立体仓库应用于生胎中转暂存的探讨[J]. 橡塑技术与装备,2007,38(11):49-53.
- [2] 王宏志,李联辉. 后卸胎式自动卸胎装置的设计[J]. 橡胶工业,2023,70(6):463-467.
- [3] 周仁华. 从制造到“智造”——浅谈传统半钢轮胎工厂在硫化工序如何实现智能化生产[J]. 橡塑技术与装备,2017,43(13):11-16.
- [4] 杨小林,王俊. 轮胎成型运输至生胎库的物流方案与特点[J]. 中国橡胶,2018,34(3):46-51.
- [5] 岳爽,陈银川,王小刚,等. 全钢载重子午线轮胎缺胶的原因分析及解决措施[J]. 轮胎工业,2021,41(2):115-118.
- [6] 张鹏,仇国华. 轮胎动平衡及不圆度的影响因素及控制方法[J]. 轮胎工业,2019,39(7):435-437.
- [7] 徐云慧,姚亮,陈忠生,等. 可调节高度的轮胎胎坯存放车的设计与应用[J]. 橡胶工业,2014,61(12):754-757.

收稿日期:2023-08-06

Analysis and Optimization of Impact of Green Tire Pallet of Intelligent Factory Fully Automatic Green Tire Space Warehouse on Tire Performance

MIAO Chengcheng, LI Chao, NIE Benliang, ZHANG Zegao, ZHOU Pengcheng

(Triangle Group Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The impact of green tire pallet of an intelligent factory fully automatic green tire space warehouse on the performance of truck and bus radial tire was studied from four aspects, the storage time and temperature, the size and surface material of green tire pallet. The results showed that the storage time of tire should be minimized to less than 24 hours, the storage temperature should be around 24℃. The inclination angle of the green tire pallet should be similar to the inclination angle of the green tire, and the inner and outer diameters of the pallet should match the inner and outer diameters of the green tire. The edge of pallet should be rounded, and the surface of pallet should be made of plastic material and processed into an arc. After optimization, the indentation depth of the green tire was small, the appearance and X-ray detection of finished tire were qualified, and the dynamic balance changed little.

Key words: fully automatic space warehouse; green tire; pallet; size; storage time; storage temperature