IN445/50D710 20PR TL R-4高空作业车特种充填轮胎的设计

庄玉森，高卫东，程　磊
（威海中威橡胶有限公司，山东 威海　264200）

摘要：介绍IN445/50D710 20PR R-4高空作业车特种充填轮胎的设计。参考相关规格，确定结构设计参数如下：外直径　1 160 mm，断面宽　429 mm，行驶面宽度　402 mm，行驶面弧度高　-5 mm，胎圈着合直径　711 mm，胎圈着合宽度　381 mm，断面水平轴位置（H_1/H_2）　0.804 7，胎面采用高通过性牵引花纹，花纹深度为25 mm，花纹周节数为19，花纹饱和度为75%，采用聚氨酯弹性体填充轮胎。施工设计：胎面采用两方三块结构，胎体帘布层和缓冲层分别采用6层1400dtex/3V_1锦纶66帘布和4层930dtex/2V_3锦纶66帘布，采用胶囊反包成型机成型、双模硫化机硫化。成品试验结果表明，成品轮胎的充气外缘尺寸符合设计要求，物理性能达到国家标准要求，实际装车性能良好。

关键词：特种轮胎；高空作业车；聚氨酯填充；结构设计；施工设计；成品性能
中图分类号：U463.341$^+$.5　　**文章编号**：1006-8171(2021)01-0001-04
文献标志码：A　　**DOI**：10.12135/j.issn.1006-8171.2021.01.0001

OSID 开放科学标识码
（扫码与作者交流）

高空作业车具有物料举升、起重吊装、载人高空作业等功能，在国外广泛应用于车站码头、厂矿车间、市政通信等大范围高空作业领域，在国内更是市场增长潜力巨大。其行驶速度不高，但要求轮胎下沉量小，行驶平稳，安全可靠。由于高空作业车轮胎属于超低断面轮胎，内轮廓呈扁平形，设计和施工制造难度较大。

根据客户要求，我公司先后设计开发了18-625，IN355/55D625和IN455/50D710等系列高空作业车轮胎，均取得了良好效果。现以IN445/50D710轮胎为例，将产品设计情况介绍如下。

1　技术要求

根据车辆技术性能和客户要求，确定IN445/50D710轮胎的主要技术参数如下：层级　20，花纹型号　R-4（工业型驱动轮胎花纹），标准轮辋　W15L×28，充气外直径（D'）　（1 189±17）　mm，充气断面宽（B'）　（445±13）　mm，充气压力　790 kPa，最大行驶速度　10 km·h^{-1}，最大负荷　7 740 kg。

IN445/50D710轮胎主要配套于JLG ultra boom 1350SJ直臂、自行式高空作业车（见图1），爬坡度为40%，最大工作高度为41.15 m，平台允许载质量为450 kg，整车质量为20 411 kg。

图1　直臂、自行式高空作业车

2　结构设计

2.1　外直径（D）和断面宽（B）

模型尺寸设计会影响轮胎充气外缘尺寸和使

作者简介：庄玉森（1969—），男，山东临朐人，威海中威橡胶有限公司工程师，学士，主要从事轮胎的研发和管理工作。
E-mail：zys678@163.com

用性能。该规格轮胎是高宽比为0.5的超低断面轮胎，根据我公司相近规格轮胎的膨胀率并结合以往设计经验，本次设计外直径膨胀率（D'/D）取1.025，断面宽膨胀率（B'/B）取1.037，D取1 160 mm，B取429 mm。

2.2 行驶面宽度（b）和弧度高（h）

行驶面形状对轮胎接地性能和牵引性能有直接影响。为保证高空作业平台平稳、不打摆，b应取较大值，以增大接地面积，提高稳定性。本次设计b/B取0.937 1，b取402 mm。

本次胎冠采用两段圆弧连接，其中一段为反弧形设计，h取−5 mm，使其充气后胎面尽量平坦，既增大了轮胎的接地面积，又可保证轮胎行驶的稳定性[1]。

2.3 胎圈着合直径（d）和着合宽度（C）

d小于轮辋直径，可提高无内胎轮胎的气密性。本次设计d取711 mm，胎趾倾角取6°（轮辋圈座倾角为5°），C取381 mm（即标准轮辋宽度）[2-4]。

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较大。高空作业车作业过程中，轮胎断面水平轴下移也会使得胎圈部位压力急剧增大，车身易摆动。本次设计H_1/H_2取较大值为0.804 7，将水平轴适当上移，以减小胎圈部位的应力和应变，提高作业过程中的安全性。

2.5 胎肩

为提高胎肩接地支撑性能，本次设计采用切线型设计，并使得胎肩尽量与地面垂直线靠近，以提高其支撑性能，减小变形。

2.6 下胎侧及胎圈保护设计

本次设计将下胎侧特别加厚，以提高轮胎的抗刺扎和抵抗外界创伤的能力。胎踵上部采用胎圈保护设计，一方面可提高胎侧的硬度，另一方面起到保护轮缘的作用。

轮胎断面轮廓如图2所示。

2.7 胎面花纹

根据高空作业车作业特点及客户需求，本次设计采用自洁性能好且抓着力强的R-4花纹。花纹深度为25 mm，花纹周节数为19，花纹饱和度为75%。为防止出现花纹根部裂口和崩化掉块问题，花纹块后侧壁采用阶梯状设计。

胎面花纹展开如图3所示。

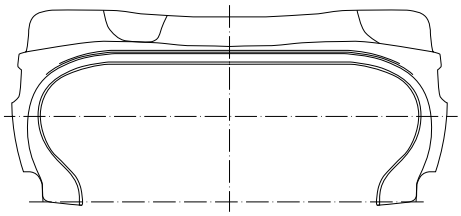

图2 轮胎断面轮廓示意

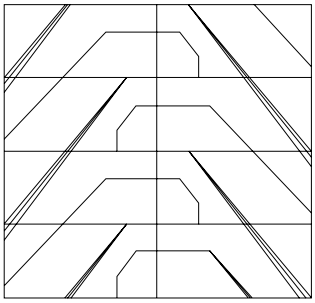

图3 胎面花纹展开示意

2.8 聚氨酯填充

采用聚氨酯弹性体填充充气轮胎。聚氨酯填充轮胎没有因爆胎泄气引发的安全隐患，可提高车辆在恶劣环境下的工作能力、平稳度和驾驶的安全系数，从而延长轮胎的使用寿命，降低轮胎的更换成本。

3 施工设计

3.1 胎面

胎面采用两方三块结构，根据使用环境和作业特点，胎面胶以天然橡胶为主，并用少量丁苯橡胶；补强体系采用中超耐磨炭黑N220和少量白炭黑并用；硫化体系采用硫黄硫化体系。侧部采用定伸应力大、压缩变形小的胶料。

该规格轮胎属于超低断面轮胎，胎面胶的流动规律与普通轮胎有一定区别，故胎冠宽度取值稍大于b，以防止硫化过程中肩部胶料向冠部倒流而出现胎里窝气现象。

3.2 胎体及缓冲层

胎体采用6层1400dtex/3V_1锦纶66帘布作为骨架材料，成型方式为4-2，以增大胎体的硬度，提高轮胎的支撑性能、车辆升高时的稳定性及行驶的平稳性[5-6]。

缓冲层选用4层930dtex/2V_3锦纶66帘布，为最

大限度避开肩部应力集中区，其端点达到防擦线部位，同时上缓冲胶片覆盖缓冲层端点以增大粘合力。

3.3　气密层

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的气密性。本次设计气密层胶选用氯化丁基橡胶/天然橡胶（并用比为70/30）并用配方，兼顾了轮胎的气密性和工艺性能。气密层厚度为2.5 mm，宽度以包到胎趾部位为佳。

3.4　胎圈

胎圈采用单钢丝圈结构设计，采用直径为0.96 mm的19#回火胎圈钢丝，排布型式为10×11，钢丝圈直径为729 mm，安全倍数大于6[5-7]。

3.5　胎冠帘线角度和帘线假定伸张值

由于该规格轮胎内轮廓呈扁平形，为保证轮胎使用性能，根据经验，本设计胎冠帘线角度取60.5°，帘线假定伸张值取1.04。

3.6　成型

成型采用LCB-4B型压辊包边成型机，机头直径为835 mm，机头宽度为750 mm。

3.7　硫化

硫化采用1 612.9 mm（63.5英寸）蒸锅式双模定型硫化机，以保证最佳的硫化效果和外缘尺寸的稳定性。在模具上合理布置排气孔和排气线，有利于提高轮胎的外观合格率。

硫化条件为：内温　（168±5）℃，外温　（145±2）℃，内压　（2.6±0.2）MPa，经硫化测温确定最佳正硫化时间。

3.8　外观设计

由于市场竞争日趋激烈，客户在追求产品内在质量的同时，也十分关注产品外观形象。本设计在冠部花纹沿圆周六等分刻上“IN445/50D710”字样，同时在胎侧增加了安全警示语、充气压力和负荷等标识，可更有效地指导用户规范使用。

4　工艺控制

该轮胎在实际生产中易出现花纹沟底裂和胎里漏线、胎里窝气及胎侧重皮裂口等外观质量问题。为提高轮胎的内在质量，需加大对重点工艺的监控，具体措施如下。

（1）确保密炼机混炼时间和温度达到工艺要求。

（2）严格控制气密层的质量，特别是贴合对正度需符合要求，气泡须挑破压实。

（3）胎面接头须压实、平整。

（4）严格控制成型工艺，特别是布筒周长和角度须符合施工要求，帘布筒差级分布均匀。

（5）严格扎眼工艺，加大胎坯穿刺密度。

（6）硫化前使胶囊充分预热和伸张，控制一次及二次定型高度，避免成品轮胎胎里缺陷。

（7）加强轮胎后充气工艺控制，硫化后必须确保3.5 min内进行后充气。

5　成品性能

5.1　充气外缘尺寸

在标准充气压力下，测得轮胎的充气外直径为1 199 mm，充气断面宽为446.8 mm，充气后冠弧半径为788 mm，下沉量为59 mm，均满足设计要求。

5.2　成品物理性能

成品轮胎的物理性能试验结果见表1。从表1可以看出，成品轮胎的各项物理性能均符合国家标准要求。

表1　成品轮胎的物理性能试验结果

项　　目	测试值	GB/T 2981—2014
邵尔A型硬度/度	67	55～75
拉伸强度/MPa	20.8	≥14.0
拉断伸长率/%	539	≥380
阿克隆磨耗量/cm^3	0.25	≤0.4
粘合强度/（$kN \cdot m^{-1}$）		
胎面胶/缓冲胶-缓冲层	15.0	≥8.0
胎面胶/缓冲胶-胎体帘布层	12.2	≥6.8
缓冲层-胎体帘布层	10.3	≥6.0
胎体帘布层间	10.0	≥5.5
胎侧胶-胎体帘布层	10.1	≥5.5

注：粘合强度为各层间粘合强度的平均值。

5.3　实际装车路试

在路况为沙地、岩石等复杂路面，以试验车型为JLG 1350SJ直臂式高空作业车进行小批量实际装车对比试验。从反馈信息看，轮胎的整体刚性大，下沉量小，稳定性好，升高时不打摆，通过性好。

6 结语

IN445/50D710 20PR R-4特种高空作业车轮胎的外缘尺寸符合设计要求，其物理性能可达到国家标准要求。该规格轮胎自投产以来，外观合格率达99.7%以上，投放市场后以其优异的质量赢得了用户的肯定，给公司带来良好的经济效益。

参考文献：

[1] 梁守智，钟延壎，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] 管迪华，李梅.不同宽度轮辋对轮胎静刚度特性影响的试验分析[J].汽车技术，2007(1)：31-33，44.

[3] 王华庆，崔文勇，赵军，等. 轮辋接触的斜交轮胎分析[J]. 合成橡胶工业，2002，25(2)：121-121.

[4] 刘伟婧，路波，刘晓芳，等. 轮胎胎圈压力三维仿真方法研究[J]. 橡胶科技，2020，18(9)：498-501.

[5] 宋清华，王伯健，刘世锋. 胎圈钢丝的生产现状[J]. 金属制品，2006，32(4)：12-13，16.

[6] 方俊. 汽车轮胎结构解析与合理使用[J]. 汽车实用技术，2019(12)：179-182.

[7] 黄兆阁，李伟，孟祥坤，等. 骨架材料对免充气轮胎承载性能和接地性能的影响[J]. 橡胶工业，2020，67(4)：294-301.

收稿日期：2021-06-12

Design on IN445/50D710 20PR TL R-4 Special Filling Tire for Boom Lift

ZHUANG Yusen，GAO Weidong，CHENG Lei

(Weihai Zhongwei Rubber Co.，Ltd，Weihai 264200，China)

Abstract：The design on IN445/50D710 20PR R-4 special filling tire for boom lift was introduced. Refer to the relevant specifications and determine the structure design parameters as follows：overall diameter 1 160 mm，cross-section width 429 mm，width of running surface 402 mm，arc height of running surface −5 mm，bead diameter at rim seat 711 mm，bead width at rim seat 381 mm，maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.804 7，using a high-passability traction pattern，pattern depth 25 mm，number of pattern pitches 19，the block/total ratio 75%，and the tire was filled with polyurethane elastomer. In the construction design，the following processes were taken：using two-formula and three-piece tread，and the carcass ply and the buffer layer were respectively using 6 layers of 1400dtex/$3V_1$ nylon 66 cords and 4 layers of 930dtex/$2V_3$ nylon 66 cords，using turn-up bladder building machine to build tire，and double-mold curing press to cure tire. The test results of the finished tire showed that the inflated peripheral dimension met the design requirements，the physical properties met the national standard requirements，and the actual loading performance was good.

Key words：special tire；boom lift；polyurethane filling；structural design；construction design；finished tire performance