

245/70R19.5电动城市公交车专用轮胎的设计开发

孙淑梅,刘连波,王 君,黄义钢,逢林强,张宝亮,赵 翔

(青岛双星轮胎工业有限公司,山东 青岛 266400)

摘要:介绍245/70R19.5电动城市公交车专用轮胎的设计开发。结构设计:外直径 840 mm,断面宽 248 mm,行驶面宽度 210 mm,行驶面弧度高 9.5 mm,胎圈着合直径 493.5 mm,胎圈着合宽度 203 mm,断面水平轴位置 (H_1/H_2) 1.032 3,胎面采用4条纵向曲折花纹,花纹深度 18.5 mm,花纹饱和度 81.99%,花纹周节数 54。施工设计:胎面采用胎面胶、基部胶和粘合胶片复合压出形式,胎体采用 $3\times 0.24+9\times 0.225$ CCST钢丝帘线,1[#]带束层采用 $3\times 0.20+6\times 0.35$ HT钢丝帘线,2[#]和3[#]带束层采用 $4+3\times 0.35$ ST钢丝帘线,4[#]带束层采用 5×0.30 HI钢丝帘线,采用一次法机械鼓反包成型机成型,热板式硫化机硫化。成品性能试验结果表明,轮胎的充气外缘尺寸、强度、耐久性能和高速性能均达到相应的国家或企业标准要求。

关键词:电动城市公交车;轮胎;结构设计;施工设计;成品轮胎性能

中图分类号:U463.341⁺.3

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)06-0338-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.06.0338



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

自我国2020年9月22日在第75届联合国大会上正式提出2030年实现“碳达峰”、2060年实现“碳中和”的“双碳”目标以来,国家、地方和行业都在大力推行“双碳”战略,并倡导绿色、环保、低碳的生活方式。为加快降低碳排放步伐,有利于引导绿色技术创新,提高产业和经济的全球竞争力,近年来我国新能源汽车上下游企业积极践行新发展理念,正在朝着绿色低碳的方向坚定前行。随着我国新能源汽车新技术不断发展,尤其是在车载电源、动力、续航里程、充电速度及充电量等方面趋于成熟,新能源城市公交车成为替代传统燃油城市公交车的公共交通工具。作为新能源城市公交车类型之一的纯电动城市公交车凭借其在环保性能和节能方面的优势,正成为城市公共交通工具的主力军。电动城市公交车具有刹车频繁、提速启动快等特点,对轮胎性能的要求更为苛刻^[1-5]。

为满足电动城市公交车的市场需求,我公司设计开发了245/70R19.5电动城市公交车专用轮胎,现将其设计开发情况介绍如下。

作者简介:孙淑梅(1981—),女,山东胶州人,青岛双星轮胎工业有限公司高级工程师,学士,主要从事子午线轮胎的结构设计工作。

E-mail:ssmqingdao@163.com

1 技术要求

根据市场调查信息和用户需求,按照ETRTO—2020《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压和负荷》,确定245/70R19.5电动城市公交车轮胎的技术参数为:轮辋 7.50×19.5 ,充气外直径(D') $828.7\sim 849.3$ mm,充气断面宽(B') $238.1\sim 257.9$ mm,标准充气压力 850 kPa,负荷指数 141/140,负荷能力 $2\ 575/2\ 500$ kg,速度级别 J。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

针对电动公交车启动频繁、提速启动快、对轮胎耐磨性能要求高的特点,本设计 D 为840 mm, B 为248 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

如果增大 b ,可以有效提升轮胎的耐磨性能;选择合适的 h ,可以改善轮胎的接地印痕形状。根据轮胎断面高度、花纹深度和 B 值以及70系列轮胎设计经验,本设计 b 为210 mm, h 为9.5 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

245/70R19.5轮胎的标准轮辋为 7.50×19.5 ,标准轮辋宽度为190.5 mm,根据经验,本设计 C

比标准轮辋宽度增大12.7 mm(0.5英寸)为203 mm。胎圈着合面采用 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 设计,根据过盈配合量,确定 d 为493.5 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)及胎冠弧形状

若断面水平轴偏下(H_1 值小),则胎肩变形小,有利于标载产品使用;若断面水平轴偏上(H_1 值大),则胎圈变形小,有利于重载产品使用。在施工设计中填充胶尺寸及骨架材料的反包高度等均会影响水平轴位置,实际使用水平轴位置不一定在模具最宽处。结合设计经验,本设计 H_1/H_2 为1.032 3。

胎冠弧度(R_n)的取值需要结合 h 和 b 确定,为取得良好的接地压力分布,本设计 R_n 采用一段弧加切线设计,轮胎断面轮廓如图1所示。

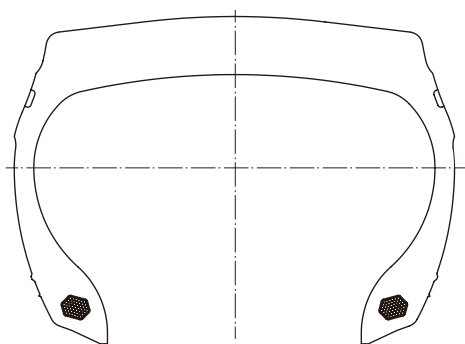


图1 轮胎断面轮廓示意

2.5 胎侧防擦线

城市公交车启停频繁,进站停车时存在与马路牙擦碰的情况。为避免由此带来的胎侧和胎体损伤,上胎侧设计了合理尺寸的防擦线,在保证轮胎散热性的同时,提高了上胎侧的支撑性,有效保护胎体。

2.6 胎面花纹

按照适应公交车辆全天候全轮位使用的原则进行胎面花纹设计。设计4条纵向曲折沟,4条主沟深度为18.5 mm,花纹饱和度为81.99%,赋予轮胎良好的耐磨性能。边块与中间花纹块比例控制在 $(1:1.30)\sim(1:1.23)$,赋予轮胎良好的防侧偏性能。中间花纹块上镶嵌2~6 mm不等深度的钢片,以提高轮胎的排水性能和湿地刹车性能。行驶面高度和分型面宽度均采用新的设计理念,更加有利于改善轮胎胎肩部位屈挠形变和散热性

能,减少肩空和胎肩部位脱层现象。胎面花纹周节数共计54个,根据最佳比例分配,按照三变节距设计,以降低轮胎噪声。

轮胎胎面花纹展开如图2所示。

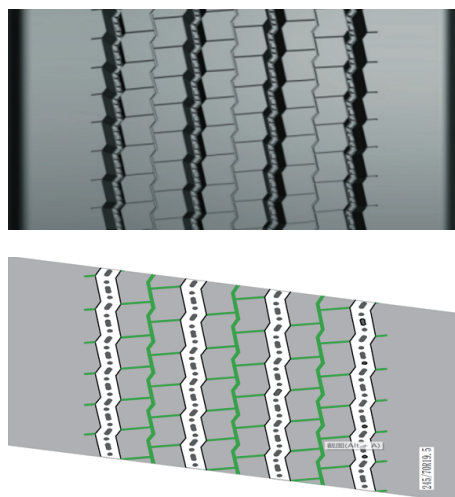


图2 轮胎胎面花纹展开示意

3 施工设计

3.1 胎面

针对电动城市公交车启停频繁、提速快的特点,结合设计花纹深度,要求轮胎胎冠生热低且耐磨,故胎面设计采用分层复合形式,上层为电动城市公交车专用耐磨胎面胶,下层为低生热基部胶,最下层为粘合胶片。胎面尺寸设计遵循轮胎接地印痕最优、肩部生热低的原则。控制基部胶厚度在3.5~4.0 mm之间。

胎面横截面如图3所示。



图3 胎面横截面示意

3.2 带束层及胎体

全钢子午线轮胎带束层承受整个轮胎75%左右的负荷应力^[6-7]。电动城市公交车轮胎采用4层带束层结构,根据轮胎充气压力和载质量,以确保城市公交车轮胎足够安全为前提,1#带束层为过渡层,采用 $3\times 0.20+6\times 0.35$ HT钢丝帘线,裁断角

为 50° ;2[#]和3[#]带束层为工作层,是主要受力部件,均采用 $4+3\times 0.35$ ST钢丝帘线,裁断角均为 18° ;4[#]带束层为保护层,原则上采用高伸张或高耐冲击性钢丝帘线,本设计采用 5×0.30 HI钢丝帘线,裁断角为 18° 。带束层安全倍数为9.3,符合设计要求。

对于低断面无内胎全钢载重子午线轮胎,胎体用钢丝帘线最重要的性能是耐疲劳和抗剪切性能。为此需采用超高强度、刚性相对小的钢丝帘线作为胎体骨架材料。本设计采用 $3\times 0.24+9\times 0.225$ CCST开放型钢丝帘线,它具有良好的渗胶性能。胎体安全倍数为15.0,符合设计要求。

采用我公司新引进的意大利鲁道夫压延生产线进行钢丝帘布压延,以确保带束层帘布和胎体帘布具有更好的渗胶性能以及厚度精确性。

3.3 钢丝圈

钢丝圈为斜六角形结构,底部角为 15° ,采用直径为1.67 mm的高强度胎圈钢丝,共计51根,安全倍数为12.8,符合设计要求。钢丝圈采用单丝缠绕方式生产,以确保轮胎具有足够的强度和箍紧系数,保证轮胎行驶安全。

3.4 成型

采用一次法机械鼓反包成型机、侧包冠成型工艺成型。部件接头按照一定角度错开均匀分布,接头部位辊压平整,保证轮胎具有良好的动平衡和均匀性能^[8-9]。

3.5 硫化

采用热板式硫化机、液态单硫化工工艺硫化^[10]。硫化条件为:热板温度 $(152\pm 2)^\circ\text{C}$,模套温度 $(160\pm 2)^\circ\text{C}$,蒸汽温度 $(207\pm 3)^\circ\text{C}$,硫化时间40.7 min。

4 成品轮胎性能

4.1 充气外缘尺寸

轮胎的充气外缘尺寸按照GB/T 521—2018《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量。安装于标准轮辋上的轮胎在标准充气压力下的 D' 为843 mm, B' 为243 mm,符合GB 9744—2015附录A及ETRTO—2020的要求。

4.2 强度

轮胎的强度按照GB/T 4501—2016《载重汽

车轮胎性能室内试验方法》进行测试。试验条件为:充气压力850 kPa,压头直径38 mm,试验结果如表1所示。

表1 轮胎强度试验结果

项 目	测量点				
	1	2	3	4	5
破坏能/J	2 096.6	2 097.6	2 097.0	2 099.3	2 097.9
测量点情况	未穿	未穿	未穿	未穿	未触及轮辋

从表1可以看出,5个测量点的破坏能均符合GB 9744—2015的要求。

4.3 耐久性能

轮胎的耐久性能按照GB/T 4501—2016进行测试。试验条件为:充气压力850 kPa,行驶速度 $65\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。轮胎耐久性试验结果如表2所示。

表2 轮胎耐久性试验结果

项 目	试验阶段						
	1	2	3	4	5	6	7
负荷率/%	65	85	100	110	120	130	140
行驶时间/h	7	16	24	10	10	10	10

从表2可以看出,轮胎的耐久性试验累计行驶时间为87 h,试验结束时轮胎未损坏,符合国家标准要求($\geq 47\text{ h}$),也达到了企业设计要求($\geq 87\text{ h}$)。

4.4 高速性能

轮胎的高速性能按照企业标准进行测试,试验充气压力、负荷及轮辋均按照GB 9744—2015执行。轮胎轮辋组合体在 $(38\pm 3)^\circ\text{C}$ 下停放3 h。轮胎高速性能试验结果如表3所示。

表3 轮胎高速性能试验结果

项 目	试验阶段								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
试验速度/ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	20	40	60	80	80	90	100	110	120
行驶时间/min	3	3	3	1	10	10	30	30	30

从表3可以看出,轮胎的高速性能达到 $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}\times 30\text{ min}$,试验结束时轮胎未损坏,符合企业标准要求($110\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}\times 30\text{ min}$,试验结束时轮胎未损坏),也达到了设计要求。

4.5 装车里程试验

为了验证轮胎的实际使用效果,2020年6月抽取12条245/70R19.5 DSR286轮胎安装到青岛

城运集团公司城市公交车上进行里程试验。运行线路为城市区域内公交车线路;行驶路况为全普通铺装公路,单程为48.5 km,共30个站点,市区站点较近,启动频繁,郊区每个站点之间的距离较长;车辆质量为7.45 t,核载50人,最大总质量为13 t,其中平时早上第1趟基本满载,其余一般载客15—20人,节假日人员较多,基本满载;负载条件下运行速度约为 $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,空车最快不超过 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

截止2021年1月,试验轮胎的累计行驶里程为44 085 km,轮胎磨损均匀,未出现畸形磨损现象,其中导向轮磨损量为2.80~3.50 mm,预计使用寿命为22万~27万km;驱动轮磨损量为3.75~4.25 mm,预计使用寿命为18.5万~21万km,达到设计要求,满足公交车行驶里程要求,受到公交公司用户好评。

5 结论

245/70R19.5电动城市公交车专用轮胎的充气外缘尺寸、强度、耐久性能和高速性能均符合相应的国家或企业标准要求,装车路试磨损均匀,

使用寿命达到并超过了用户预期目标。该轮胎的研制成功填补了我公司电动公交车专用轮胎的空白,创造了良好的社会和经济效益。

参考文献:

- [1] 吕伟,张必辉,孙宗涛,等. 11R22.5-C900全钢城市公交专用轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2016,36(5):277-279.
- [2] 贾俊国. 城市公交车电动化的研究与实践[J]. 城市公共交通,2012(1):5-7.
- [3] 李鲁苗,杨家骐. 新能源城市公交车支持政策现状及建议[J]. 汽车纵横,2021(1):58-61.
- [4] 徐泉,王巧凤,周荣. 新能源汽车发展主要障碍及其解决方案[J]. 上海汽车,2009(5):10-13.
- [5] 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.
- [6] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎束层帘线的有限元优化设计[J]. 橡胶工业,2020,67(3):209-213.
- [7] 王宝凯. 205/55R16子午线轮胎的结构设计、束层优化与性能研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2020.
- [8] 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.
- [9] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [10] 蔡文杰,张文标,柯子东,等. 新结构热板立柱式硫化机的设计[J]. 橡胶科技,2021,19(5):251-253.

收稿日期:2023-01-22

Design and Development of 245/70R19.5 Special Tire for Electric City Bus

SUN Shumei, LIU Lianbo, WANG Jun, HUANG Yigang, PANG Linqiang, ZHANG Baoliang, ZHAO Xiang
(Qingdao Doublestar Tire Industry Co., Ltd, Qingdao 266400, China)

Abstract: The design and development of 245/70R19.5 special tire for electric city bus were introduced. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 840 mm, cross-sectional width 248 mm, width of running surface 210 mm, arc height of running surface 9.5 mm, bead diameter at rim seat 493.5 mm, bead width at rim seat 203 mm, and maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 1.032 3. Four longitudinal zigzag patterns were adopted for the tread with a pattern depth of 18.5 mm, a block total ratio of 81.99%, and a number of pattern pitches of 54. In the construction design, the following processes were taken: co-extruded tread consisting of tread compound, base compound and adhesive compound, $3 \times 0.24 + 9 \times 0.225$ CCST steel cord for carcass, $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT steel cord for 1[#] belt, $4 + 3 \times 0.35$ ST steel cord for 2[#] and 3[#] belt, 5×0.30 HI steel cord for 4[#] belt, and using one-stage mechanical drum turn-up building machine to build tires and hot plate vulcanizing machine to cure tires. The test results of the finished tire showed that, the inflated peripheral dimension, strength, durability and high-speed performance of the tire met the requirements of corresponding national or enterprise standards.

Key words: electric city bus; tire; structural design; construction design; finished tire performance