

680 ×260 无内胎航空轮胎结构的优化设计

王晓东,杨凤伟

[银川中策(长城)橡胶有限公司,宁夏 银川 750011]

摘要:对 680 ×260 无内胎航空轮胎的结构及设计参数的选取进行了优化,并对轮胎各部位应力进行了分析。轮胎成品性能试验结果表明,680 ×260 无内胎航空轮胎的额定速度可以达到 $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,临界速度达 $380 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,轮胎外缘尺寸、强度、气密性、水压爆破等性能均符合国家军用标准,完全达到设计和使用要求。

关键词:航空轮胎;无内胎;高速性能;设计参数

中图分类号: TQ336.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2000)10-0588-04

安全可靠、高速性能和负荷能力是检验航空轮胎质量的重要指标。近年来,随着我国国防事业的迅猛发展、国外先进飞机的不断引进,配套航空轮胎的使用技术条件越来越苛刻,轮胎的外轮廓越来越“怪异”,轮胎结构也越来越复杂。设计和生产出具有安全性能、高速性能和高负荷性能的无内胎航空轮胎以满足这些新型飞机的需要已成为新的研究课题。

680 ×260 无内胎航空轮胎是具有高速度、高负荷、反弧形、低断面等特点的航空轮胎,以前我厂还没有设计和生产过这种航空轮胎。因此,采用新的设计原则和设计理论,对 680 ×260 无内胎航空轮胎的结构和设计参数的选取进行了探讨,以研制出满足高速度、高负荷条件下的新型现代航空轮胎。

1 轮胎结构设计参数的选取

1.1 断面高宽比(H/B)

航空轮胎的 H/B 对其高速性能、行驶稳定性和滚动阻力有很大的影响。在相同的线速度下,小规格航空轮胎的角速度比大规格航空轮胎更大,因此更容易出现胎面甩脱和胎圈爆破现象。

为使 680 ×260 航空轮胎的额定速度达到

$360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, H/B 的取值不能像一般航空轮胎那样在 0.7~0.9 的范围内选取,将 680 ×260 航空轮胎的外形确定为低断面, H/B 值为 0.50~0.55,从而保证具有较好的高速性能、行驶稳定性和较小的滚动阻力。

1.2 模型断面宽(B)

轮胎充气断面宽(B)是根据轮胎战技指标要求确定的。一般,当 $H/B < 1$ 时,航空轮胎的断面宽膨胀率(B'/B)取值范围为 1.030~1.070; H/B 值越小,轮胎的 B'/B 值越小,因此,680 ×260 航空轮胎 B'/B 应取较小值。

将 680 ×260 轮胎的 B'/B 值取值范围确定为 0.98~1.01,即设定轮胎断面宽不膨胀,故相应增大了模型断面宽。

1.3 模型外直径(D)

轮胎充气外直径(D)也是根据轮胎战技指标要求确定的。 H/B 取值越小,外直径膨胀率(D'/D)越大。

一般,航空轮胎的 D'/D 值为 1.01~1.05,而 680 ×260 航空轮胎的 D'/D 值宜为 1.075~1.09,从而大大减小模型的外直径。

1.4 行驶面宽度(b)

增大轮胎行驶面宽度(b),有利于增大轮胎胎面接地面积,提高轮胎的高速性能、耐磨性能和行驶平稳性,并在飞机起降过程中降低轮胎生热,避免轮胎出现脱层等现象。

低断面轮胎为增大轮胎行驶面宽度提供了可能。过去 b/B 的取值范围为 0.65~0.75,

作者简介:王晓东(1967-),男,浙江慈溪人,银川中策(长城)橡胶有限公司工程师,学士,主要从事航空轮胎结构设计工作。

而 680 ×260 航空轮胎的 b/B 值宜为 0.8~0.9,从而增大了轮胎的行驶面宽度。

1.5 行驶面弧度高(h)

航空轮胎行驶面弧度高确定的主要原则是:轮胎在充气 and 负荷状态下滚动时,应减小胎面位移和滚动阻力,尽量使胎面在接地面上各点的单位压力分布均匀,保证行驶面尽可能地在最宽范围内接地,以使轮胎获得较好的高速性能、行驶平稳性能、散热性能、耐磨性能和地面抓着性能。

当航空轮胎的 $H/B < 1$ 时,为保证轮胎内轮廓均匀过渡,材料分布合理,胎面形状应接近内轮廓形状,使应力均匀过渡。原则上,航空轮胎 h 值应越小越好,应比花纹深度小。一般, h/H 值设计为 0.04~0.06,而对于 680 ×260 航空轮胎,将其胎冠设计为平弧,即 h 值为 0,因此 h/H 值为 0。

1.6 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位置确定了轮胎断面最宽点,该部位是厚度最小、变形和屈挠最大的部位。

按过去航空轮胎的设计理论, H_1/H_2 取值范围应为 0.85~0.90。但从轮胎动态稳定性和应力分布的角度分析,水平轴位置越高,轮胎的动态稳定性越差,应力越集中在水平轴的下部,胎圈受力增大,易发生胎圈爆破。由钢丝圈所受应力公式和帘线张力公式也可得出同样结论,即轮胎水平轴位置越高,钢丝圈所受应力和胎体帘线张力越大,这对提高轮胎的高速性能不利。

为避免因胎圈生热过高造成的胎圈爆破现象,保证屈挠点向上移动,使屈挠点能分布在胎肩下部,680 ×260 航空轮胎的 H_1/H_2 宜为 0.800 0~0.821 9。

2 轮胎结构设计

2.1 无内胎结构设计

将 680 ×260 航空轮胎设计成无内胎轮胎,并对气密层结构进行了特殊化的结构设计和处理,保证了施工操作的可靠性和简易性。

无内胎的航空轮胎具有降低轮胎生热、减小轮胎质量、操作简便易行等特点,对提高航空

轮胎的高速性能也很有益。

2.2 胎冠帘线角度的设计

众所周知,增大轮胎成品的胎冠帘线角度,可以有效地防止轮胎外直径膨胀过大,使轮胎获得较好的耐磨性能,对提高轮胎的高速性能有利。

一般,航空轮胎胎冠帘线角度取值范围为 $50^\circ \sim 55^\circ$,现将 680 ×260 航空轮胎的胎冠帘线角度增大到 58° 。

2.3 花纹设计

在航空轮胎花纹设计时,主要考虑的是轮胎的高速性、排水性和防侧滑性能。主要采取了以下措施:

- (1) 花纹为纵沟花纹;
- (2) 花纹沟型式为弧沟式;
- (3) 花纹沟数量 4 条。

2.4 胎肩部位设计

一般,高速航空轮胎尤其是具有扁平化外形的轮胎,更易在胎肩部位集中生热。因此,680 ×260 航空轮胎胎肩部位的设计原则是尽量减小胎肩厚度,即在胎肩处采用圆弧设计,胎冠弧度与胎肩切线之间采用 50 mm 的过渡圆弧,并将胎肩部及以下部位的厚度进一步减小,以利于提高轮胎的高速性能和胎肩散热。

2.5 胎面补强层的设计

为提高轮胎的高速性能和防止胎面龟裂,胎面结构设计采用了最新式设计,即采用二层单层 1400dtex/2 V3 帘线夹轮胎上胎面的全增强形式对胎面进行增强,增强帘线的端点延伸至胎侧防水线部位,这可提高胎面的模量。

2.6 胎圈部位的设计

因航空轮胎的负荷较大,下沉量达到 30%~35%。在高冲击力和低速、高负荷滚动的状态下,胎圈部位的应力容易迅速增大,轮胎各部位将出现各种应力-应变,引起较大的滞后损失。滞后损失转变为热能,即造成轮胎温度升高、温升加快。因胎圈部位厚度最大,因此,热量最易在钢丝圈部位迅速积累,极易引起钢丝圈与帘布层以及帘布层之间脱开或破坏,造成胎圈爆破。

增强胎圈部位的刚性,减小轮胎整体的变

形,以减少滞后损失,避免胎圈生热过高和过分热集中,是解决此类问题的办法之一。 680×260 航空轮胎的胎圈部位采用双钢圈、缠条、包布设计。

为了防止胎圈部位在制造过程中出现褶子、气泡等质量隐患和便于工艺操作, 680×260 航空轮胎选用尼龙 66 胎圈包布,以提高轮胎胎圈部位的耐磨和支撑性能。另外,在胎圈粘合面上增加一层胎面胶,以提高轮胎胎圈部位的耐高温和气密性能。

2.7 帘布的反包高度

胎体帘布反包高度是影响胎圈刚性的重要因素,因此将 680×260 航空轮胎的帘布反包高度提高,对相邻两层布间的级差和帘线端点重新调整,使下胎侧过渡均匀,在保证胎圈部位刚性的基础上,由上至下均匀增大。

2.8 胎体骨架材料的选择

减小轮胎胎体厚度,可以降低轮胎生热并减小轮胎质量,这对提高航空轮胎的品质和高速性能非常有利。由于尼龙帘线具有较优异的耐疲劳性能和粘合性能,因此 680×260 航空的骨架材料选择目前普遍使用的 1400dtex/2 帘线,这对保证轮胎具有高速与强度性能起到了关键的作用,同时使轮胎的负荷能力得到相应的提高。

3 轮胎成品性能试验

根据选取的设计参数和确立的结构设计原则,进行了 680×260 航空轮胎的施工设计、模型设计和轮胎成品试制,并对轮胎成品进行了室内试验、动力模拟试验和装机试飞试验。

3.1 室内试验

外缘尺寸、气密性和水压爆破试验结果见表 1。

表 1 室内试验结果

项 目	实测值	标准值	标 准
外直径/mm	679.29	670 ± 10	战技指标
断面宽/mm	249.5	254 ± 6	战技指标
气密性试验/%	0.12	≤ 5	GJB 223—86
水压爆破安全倍数	6.4	≥ 4	GJB 220

从表 1 可以看出,轮胎成品各项性能均达到设计要求和国家军用标准。

3.2 动力模拟试验

1994 年, 680×260 航空轮胎在陕西兴平机轮刹车试验中心通过了按军用航空轮胎试验方法(GJB 108—98)中的动力模拟试验方法进行的试验。

在此次试验中, 680×260 航空轮胎成功完成了 100 次循环试验,其中 50 次滑入-起飞;50 次着陆-滑入,试验后胎体完好,轮胎与轮辋无滑移,其临界速度可达 $380 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,额定速度达到 $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,满足技术条件要求。

3.3 装机试飞试验

1995 年, 680×260 航空轮胎进行了装机试飞试验,结果表明,轮胎耐磨性能优良,平均使用寿命达 80 次以上,在整个使用过程中无脱层、胎面掉块、鼓泡、气密性能不良等现象,使用性能良好,产品质量达到国际先进水平。

4 结论

(1) 608×260 航空轮胎的结构设计及设计参数的选取是合理的,各部位的应力分析是科学的。

(2) 680×260 航空轮胎的额定速度可以达到 $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,临界速度达 $380 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,其外缘尺寸、强度、气密性、水压爆破试验均符合国家军用标准。

第十一届全国轮胎技术研讨会论文

Optimized structure design of tubeless airplane tire

WANG Xiaodong, YANG Fengwei

[Yinchuan China Strategy (Great Wall) Rubber Co., Ltd., Yinchuan 750011, China]

Abstract: The structure and design parameters of 680×260 tubeless airplane tire were optimized

and the stresses at the different components of tire were analysed. The test results of tire performance showed that the nominal speed of optimized tire reached $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, and its critical speed reached $380 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$; the overall dimensions, strength, tightness and water pressure explosion met the requirements in national military standards.

Keywords : airplane tire ; tubless tire ; speed performance ; design parameter