

H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎的优化设计

秦齐富,俞华英,傅云翠

(中橡集团曙光橡胶工业研究设计院,广西 桂林 541004)

摘要:对 H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎进行优化设计。通过采取优化胎冠轮廓、提升胎面胶整体性能、增大可磨耗胎面胶厚度以及改进骨架材料和胎体结构等措施,轮胎的可磨耗胎面厚度增大了 2.5 mm,接地印痕面积提高了 15.6%,平均接地压力降低了 13.5%,正常起飞试验后的胎面和胎肩温度均显著降低,轮胎的综合性能提升非常明显。

关键词:飞机轮胎;优化设计;使用寿命

中图分类号:V226+.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2014)10-0598-04

H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎(无内胎)是我院早期研制的适用于 B737—300/500 和 B757—200 飞机的主轮胎,在使用中存在磨胎肩和使用寿命偏低的问题。据统计,我院生产的 H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎的平均使用寿命为 140 次起落,而同规格进口轮胎的平均使用寿命是 200 次起落。飞机轮胎使用寿命偏低既增加了机务人员的工作量,又提高了航空公司的运营成本,这导致国产飞机轮胎的市场竞争力显著下降。为提高 H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎的产品质量和市场竞争力,我们对其进行优化设计,取得了良好效果。

1 技术要求

根据《美国轮胎与轮辋年鉴(2009 年)》以及航空公司的要求,H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎的技术要求如下:标准负荷 147.7 kN,额定速度 362 km·h⁻¹,标准充气压力 1 379 kPa,充气外直径 993~1 016 mm,充气断面宽 349~368 mm,轮胎质量 ≤72.0 kg。该飞机轮胎执行的标准为:CTSO-C 62d《技术标准规定航空轮胎》和 GB 9745—2009《航空轮胎》。

按照 CTSO-C 62d 规定,该飞机轮胎需在动态模拟试验机上完成 50 次正常起飞试验、1 次

1.5倍超载起飞试验、8 次正常滑行试验和 2 次 1.2倍超载滑行试验,试验条件如表 1 所示。

表 1 动态模拟试验条件

试验项目	速度/ (km·h ⁻¹)	负荷/ kN	距离/ m	时间/s	试验 次数
正常起飞	362	147.7	3 505	69.7	50
1.5 倍超载起飞	362	221.6	3 505	69.7	1
正常滑行	64.4	147.7	10 668	596.3	8
1.2 倍超载滑行	64.4	177.2	10 668	596.3	2

2 优化设计

H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎在额定负荷、1.2 倍额定负荷和 1.5 倍额定负荷时的下沉率分别达到 32.0%,37.6%和 47.2%左右,高速滚动时胎体变形大、生热快,对耐疲劳性能要求极高,技术难度极大。

从技术设计角度考虑,飞机轮胎的起落次数主要与轮胎断面轮廓、胎面胶性能和厚度以及骨架材料和胎体结构有关,因此,从以下 4 个方面对该轮胎进行改进,即优化胎冠轮廓、提升胎面胶整体性能、增大可磨耗胎面胶厚度以及改进骨架材料和胎体结构。

2.1 优化胎冠轮廓

H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎优化前断面轮廓如图 1 所示。

从图 1 可以看出,优化前断面轮廓的特点是:(1)冠部花纹沟数量较多(6条),周向花纹条较

作者简介:秦齐富(1979—),男,广西桂林人,中橡集团曙光橡胶工业研究设计院工程师,硕士,主要从事飞机轮胎的研究与开发工作。

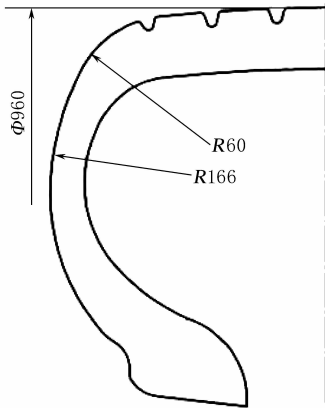


图 1 优化前的轮胎断面轮廓(零充气压力状态)

窄,致使轮胎接地印痕面积较小,平均接地压强较大;(2)胎肩部位曲率半径较小,高速滚动时胎肩部位应力比较集中、生热较大;(3)实际使用时容易产生磨胎肩或偏磨现象,因偏磨(冠部可磨损胎面厚度仍有 2~6 mm)而提前更换的轮胎数量较多,显著降低了轮胎的使用寿命。因此,优化冠部轮廓是提高该轮胎使用寿命的关键。

根据上述分析,专题组结合有限元分析技术对该轮胎冠部轮廓进行了优化,优化后的轮胎断面轮廓见图 2。

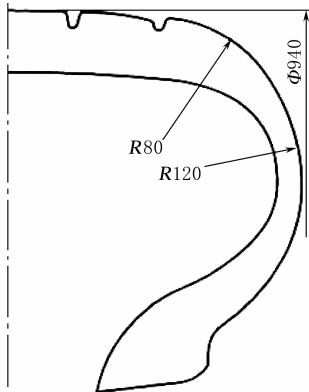


图 2 优化后的轮胎断面轮廓(零充气压力状态)

优化措施包括:(1)将上胎侧圆弧半径由 166 mm 降至 120 mm,胎肩圆弧半径由 60 mm 增至 80 mm,使胎肩向胎侧过渡更加平缓,从而分散胎肩部位的应力并减少生热;(2)断面轮廓直径由 960 mm 减小到 940 mm,相应断面高宽比由 0.711减小到 0.638,以便通过增大冠部刚性来减少胎面与地面的相对滑动,提高轮胎的耐磨性能;(3)将花纹沟数量由 6 条减少到 4 条,同时使条状

花纹 A 形成比胎面表面 B 更低的斜面 C(见图 3),通过将胎冠中心部位过高的接地压力分散到肩部、减少肩部接地部位的滑动来防止产生偏磨损,从而提高胎面的耐久性能。



图 3 优化后冠部花纹形状

2.2 提升胎面胶整体性能

胎面胶是轮胎与地面接触的唯一部件,其性能对轮胎的使用寿命有重大影响,提高胎面胶整体性能也是提高轮胎起落次数的重要途径。为此,对胎面胶原配方进行优化设计。原配方为:天然橡胶(NR) 90,丁苯橡胶(SBR) 10,炭黑 N234 40,白炭黑 12,芳烃油 7,防老剂 3,其他 17.95。优化配方为:NR 100,炭黑 N375 50,白炭黑 5,芳烃油 2,热稳定剂 1,抗硫化返原剂 0.5,防老剂 4,其他 17.15。

优化配方通过用 NR 替代 NR/SBR 并用体系、减小芳烃油用量,使胎面胶的强度和定伸应力提高;采用结构较高、耐磨性能较好的炭黑 N375 替代炭黑 N234,并适当调整炭黑和白炭黑的用量,使胎面胶的定伸应力和耐磨性能提高;加入热稳定剂、抗硫化返原剂并增大防老剂的用量,使胎面胶在轮胎使用过程中温度升高时性能保持率高。表 2 示出了优化前后胎面胶物理性能对比。

从表2可以看出,与原胎面胶相比,优化后胎

表 2 优化前后胎面胶物理性能对比¹⁾

项 目	优化后	优化前
邵尔 A 型硬度/度	68	68
300%定伸应力/MPa	19.6	14.7
拉伸强度/MPa	29.0	26.6
拉断伸长率 ²⁾ /%	442(440)	592(451)
拉断永久变形/%	22	24
阿克隆磨耗量/cm ³	0.132	0.166
压缩疲劳温升 ³⁾ /℃	23	24
脆性温度/℃	低于-58	低于-54

注:1)硫化条件为 138℃×85 min。2)括号内为胎面胶 71℃×24 h 老化后数据。3)压缩疲劳生热性能按照 GB/T 1687—1993 测定,试验冲程 5.71 mm,预应力 1.00 MPa,温度 55℃,压缩频率 30 Hz,预热时间 30 min,试验时间 25 min。

面胶的整体性能明显提升。其中,300%定伸应力提高了 4.9 MPa,拉伸强度提高了 2.4 MPa,阿克隆磨耗量降低 0.034 cm³(降幅高达 20.5%),其他性能基本相当。胎面胶的 300%定伸应力越大,则高速滚动时胎面胶的应变越小,从而有利于降低胎面胶生热、改善胎面胶的耐磨性能;阿克隆磨耗量的大幅减小也说明胎面胶的耐磨性能有了较大提升。

2.3 增大可磨耗胎面胶厚度

飞机轮胎的使用寿命与胎面胶厚度密切相关。在相同条件下,轮胎的起落次数随胎面胶厚度增大而提高。因此,将该轮胎的可磨耗胎面胶厚度增大 2.5 mm,以便提升其使用寿命。但胎面胶厚度增大会导致冠部离心力迅速提高,胎面胶生热增大,因而需要同时优化胎体结构及胎体应力分布。

2.4 改进骨架材料和胎体结构

通过计算发现,当胎面胶厚度增大 2.5 mm 时,轮胎质量会相应增大约 2.7 kg。而基于飞机轻量化和降低燃油成本的考虑,航空公司对轮胎质量的限制非常严格。因此,需通过改进骨架材料和胎体结构来达到减小轮胎质量的目的。主要通过以下两种途径来实现:一是提高骨架材料的强度;二是提高骨架材料的帘线密度。本次优化设计主要通过提高帘线密度、减少胎体帘布层数来实现轮胎轻量化。优化前后胎体骨架材料对比如表 3 所示。

表 3 优化前后胎体骨架材料对比

项 目	优化后	优化前
内层帘布		
帘线密度/(根·dm ⁻¹)	118	100
帘布层数/层	14	16
外层帘布		
帘线密度/(根·dm ⁻¹)	74	74
帘布层数/层	2	2
胎面补强帘布		
帘线密度/(根·dm ⁻¹)	52	52
帘布层数/层	1	2

从表 3 可以看出,改进后轮胎内层帘布的帘线密度增加了 18 根·dm⁻¹,帘布层减少了 2 层;胎面补强帘布层减少了 1 层,其余维持不变,这样既可满足轮胎轻量化要求,又能减小胎体厚度以

利于散热。

轮廓优化后断面高宽比减小,充气状态下的外直径膨胀率增大,导致胎面胶因过度伸张而使耐磨和抗切割性能降低,因而需将胎体帘布的裁断角度增加 1.5°,以便提高冠部刚性,减少冠部变形和生热,改善胎面胶的耐磨性能。此外,在超载起飞、超载滑行时该轮胎外层帘布间的剪切应力非常大,容易引发胎体疲劳损坏。为此,采用挂胶帘布厚度梯度递增的设计方法,即将第 1~8 层挂胶帘布的厚度定为 0.9 mm,第 9~16 层挂胶帘布的厚度定为 1.10 mm,第 17 层挂胶帘布的厚度定为 1.50 mm,同时在第 14 与 15 层帘布之间设置 0.5 mm 厚的隔离胶片,以便减小外层帘布间的剪切应力,避免出现胎体帘布脱层和鼓泡等现象。

利用有限元技术对新轮廓的胎圈部位进行分析后发现,下胎侧到三角胶尖部因帘布端点的影响,应变值出现锯齿状突变,该处容易产生帘布脱层问题,因而采用帘线排列较稀、挂胶较厚的帘布包住钢丝圈及三角胶,以提高相邻部件间的粘合强度。为进一步分散胎圈部位的应力和应变,防止反包帘布端点部位产生应力集中,提高胎圈的耐久性能,将反包帘布的级差由 15 mm 增大至 25 mm,并在反包帘布差级处设置 1 mm 厚的封口胶片,利用该胶片将帘布反包端头全部包裹起来,如图 4 所示。



图 4 差级封口胶片包裹示意

3 成品性能

对优化后的 H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎进行充气外缘尺寸、气密性能、爆破压力、物理性能、静负荷性能以及动态模拟试验,结果见表 4。

从表 4 可以看出,优化后轮胎的各项性能均满足 CTSO-C 62d 和 GB 9745—2009 的要求。此外,优化后 H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎的可磨耗胎面厚度增大了 2.5 mm,接地印痕面积提高了 120 cm²(增幅为 15.6%),相应的平均

表 4 成品性能试验结果

项 目	优化后	优化前	指标或标准
静态性能试验			
充气外直径/mm	1 001	996	993~1 016
充气断面宽/mm	357	359	349~368
24 h 气压下降率/%	0	0	≤5
爆破压力/kPa	7 210	7 380	≥5 516
质量/kg	70.50	66.85	≤72.0
物理性能	合格	合格	企业标准 ¹⁾
可磨耗胎面厚度/mm	13.0	10.5	
接地印痕面积/cm ²	889	769	
平均接地压力/MPa	1.661	1.921	
动态模拟试验			
正常起飞试验后胎面温度/℃	72~78	106~113	
正常起飞试验后胎肩温度/℃	98~102		107~121

注:1)Q/SGS 19—2012。

收稿日期:2014-05-09

Optimized Design of H40×14.5—19 24PR Civil Aircraft Tire

QIN Qi-fu, YU Hua-ying, FU Yun-cui

(Shuguang Research and Design Institute of Rubber Industry, Guilin 541004, China)

Abstract: The design of H40×14.5—19 24PR civil aircraft tire was optimized in this study, in which the crown profile was modified, the tread compound with better properties was used, the thickness of the tread for abrasion was increased, and the reinforcing materials and carcass structure were improved. After the optimization, the tread thickness increased by 2.5 mm, the grounding contact area was increased by 15.6%, the average contact pressure was reduced by 13.5%, and the temperature in tread and tire shoulder was decreased significantly after normal takeoff test. The optimized tire showed greatly improved overall performance.

Key words: aircraft tire; optimized design; service life

全钢子午线工程轮胎二段成型机
定型鼓装置

中图分类号: TQ330.4⁺6 文献标志码: D

由福建建阳龙翔科技开发有限公司申请的专利(公开号 CN 103847120A, 公开日期 2014-06-11)“全钢子午线工程轮胎二段成型机定型鼓装置”,涉及的全钢工程机械子午线轮胎二段成型机定型鼓装置包括主轴、左右丝杆、螺母座及可沿主轴移动的一对机头。该装置每个机头包括套置在主轴上的驱动套、胶囊压盘和导向盘及胎圈锁紧机构;胎圈锁紧机构包括套置在驱动套上的导

接地压力降低了 0.26 MPa(降幅为 13.5%),正常起飞试验后的胎面和胎肩温度均显著降低,改进后轮胎的综合性能提升非常明显。

4 结论

采用优化胎冠轮廓、提升胎面胶整体性能、增大可磨耗胎面胶厚度、改进骨架材料和胎体结构等措施对 H40×14.5—19 24PR 民用飞机轮胎进行优化设计,可以解决该规格轮胎磨胎肩和使用寿命偏低的问题。优化后该飞机轮胎的各项性能均满足 CTSO-C 62d 和 GB 9745—2009 的要求,且可磨耗胎面厚度增加了 2.5 mm,接地印痕面积提高了 15.6%,平均接地压力降低了 13.5%,正常起飞试验后的胎面和胎肩温度均显著降低,轮胎的综合性能提升非常明显。

套、气缸活塞驱动连杆装置和滑块;滑块安装在导向盘的滑槽上,其另一面与安装在气缸后端面的耐磨环相接触,滑块与连杆装置上的连杆连接,滑块顶部设有凹槽,凹槽内装有密封胶囊和橡胶垫圈;密封胶囊采用内胎,气缸活塞为双活塞。该装置优越性在于其采用对称机头装置,适用范围大,可满足直径相同、宽度不同的胎坯,节省成本;采用双缸增压驱动多组连杆推动滑块同步上升,使胎圈锁紧机构将胎坯牢固在机头上,有效避免了成型过程中胎圈脱出现象。

(本刊编辑部 马 晓)