

9.00 - 20 16PR 轮胎胎圈早期损坏原因分析及解决措施

周立忠 杨开玉 关晶

(桦林集团有限责任公司 157032)

摘要 针对目前 9.00 - 20 16PR 轮胎胎圈早期损坏的问题,分析了这种缺陷的特征和成因。通过使用条件与损坏特征之间关系的实际调查,认为低气压、超载、长时间行驶及使用非标准轮辋 6.00T 是在使用方面导致胎圈早期损坏的原因,而轮胎在超载行驶条件下的变形、生热是导致胎圈早期损坏的主要因素。在减少胎体变形、降低胎圈应力、提高胎圈复合材料间粘合性能等方面采取措施,增强胎圈的薄弱环节,使这一问题得到了很好的解决。

关键词 载重轮胎,胎圈,变形,生热,早期损坏

随着我国公路建设和车辆管理体制的变化,轮胎的使用条件变得愈来愈苛刻。这一方面表现在我国不断延长的公路总里程中高等级公路与矿石、泥沙路并存的现象在短期内难以扭转;另一方面则表现在个体承包车辆长距离、超载、超速行驶现象十分普遍,载重轮胎在使用中出现大量的肩空、脱层、胎圈爆破等早期损坏现象,在某些地区胎圈早期损坏现象十分突出。为分析胎圈早期损坏的原因,我厂专门派人到问题反映比较大大同市和呼和浩特市进行轮胎实际使用条件及损坏情况调查,并对以往轮胎室内高速、耐久性试验进行总结,发现轮胎损坏的原因主要是肩空、脱层、崩花及胎圈损坏。本文仅就胎圈早期损坏特征、成因及解决措施作一介绍。

1 损坏特征

胎圈早期损坏的轮胎,花纹磨损较轻,花纹深度一般都保持在 10 mm 以上,经解剖研究发现,胎圈早期损坏主要有以下 3 种情况:

(1) 胎圈磨损

在行驶过程中,轮胎的胎圈与轮辋的接触处发生摩擦,随着反复摩擦,磨痕不断加大、加深,直至磨破包布,或导致钢丝圈底部复合材料间剥离脱空。

(2) 胎趾上部帘线折断

在胎趾上部 50 ~ 80 mm 附近处的帘线,由于经多次屈挠变形,内层帘线首先断裂,裂口逐渐扩大直至磨坏内胎,出现爆破。爆破裂口可延伸至钢丝圈底部,胎里裂口大,胎侧裂口小,帘线断头整齐,个别的甚至有层间剥离现象。

(3) 胎圈爆破

爆破位置在负荷下轮胎最大变形区域的反包端点或三角胶上部的复合材料间。轮胎在行驶过程中,复合材料经过频繁的屈挠剪切变形于高温下导致层间剥离,帘线和包布断裂,胎圈爆破。损坏的轮胎帘线和包布断头变硬,胶料发脆,钢丝圈包布与胎体及钢丝圈剥离,钢丝脱胶露铜,部分损坏轮胎甚至出现钢丝圈松散现象。

2 损坏原因

一般来说,轮胎的内在质量、使用条件与

作者简介 周立忠,男,29岁。助理工程师。1993年毕业于黑龙江大学化学系有机化工专业。主要从事轮胎结构设计工作。

轮胎的使用寿命及损坏特征相关。在内在质量一定的前提下,轮胎的使用条件直接影响轮胎的使用寿命及损坏特征。因此,在分析胎圈早期损坏原因时,必须调查轮胎的实际使用条件与损坏特征之间的关系,并在室内试验中予以验证总结。

2.1 实际调查

为了解轮胎在实际中的使用和损坏情况,我厂专门派人于1996年3月到胎圈早期损坏反映比较大的呼和浩特市喇嘛湾镇和大同市应县对个体车的轮胎实际使用情况进行调查,所调查的部分轮胎使用条件见表1。

表1 喇嘛湾镇和应县部分个体车
轮胎使用条件

车号和轮胎	气压/ kPa	轮辋 规格	负荷/t	行驶路线
蒙 K03968			20~22	煤矿-电厂(100)
左外	680	6.00T		
左内	670	6.00T		
右内	710	6.00T		
右外	720	6.00T		
蒙 K03969			20~22	煤矿-电厂(100)
左外	700	6.00T		
左内	700	6.00T		
右内	700	6.00T		
右外	680	6.00T		
晋 F60179			22~27	大同-天津(550)
左外	710	7.0		
左内	720	7.0		
右内	740	7.0		
右外	720	7.0		
晋 F60316			22~27	大同-天津(550)
左外	570	7.0		
左内	740	6.00T		
右内	760	6.00T		
右外	750	7.0		

注:1)调查的车型均为解放141,负荷为主车和挂车货物总质量;2)轮胎规格均为9.00-20 16PR,双胎负荷为2460 kg,相应气压为810 kPa;3)括号内数据为单程公里数。

由表1可以看出,两个地区轮胎使用条件苛刻,不规范使用轮胎现象十分普遍,从而导致胎圈早期损坏情况严重。轮胎在低气压、超载、长时间行驶及使用非标准轮辋

6.00T等条件下使用,必然加大胎圈变形,降低胎圈与轮辋间的着合性能^[1],加剧胎圈生热及热积累,从而在胎圈部位的相对薄弱环节首先发生损坏。

因此,低气压、超载、长时间行驶及使用非标准轮辋6.00T是在使用方面导致胎圈早期损坏的原因。

2.2 室内试验

在室内试验中模拟实际使用条件,可为分析胎圈早期损坏原因提供准确的试验数据。

2.2.1 静负荷性能试验

轮胎的静负荷性能是表征负荷下轮胎受力状态和抗变形能力的重要依据。针对目前严重的轮胎超载现象,在标准负荷及130%、150%和200%超负荷下进行了轮胎静负荷性能试验,结果见表2。

表2 静负荷性能试验结果

项 目	厂 牌			
	A	B	C	桦林
标准负荷				
下沉率/%	12.60	10.81	16.07	11.98
断面宽/mm	266	265	271	267
130%超负荷				
下沉率/%	15.34	13.57	18.82	15.13
断面宽/mm	271	270	275	270
150%超负荷				
下沉率/%	17.30	15.94	21.17	17.09
断面宽/mm	274	274	277	274
200%超负荷				
下沉率/%	27.49	27.38	26.66	27.70
断面宽/mm	281	279	286	282

按照设计规律,充气负荷下轮胎下沉率以10%~12%为宜,若超出此范围,必然加大轮胎变形,使受力状态发生变化。由表2可以看出,负荷增加,下沉率及断面宽明显增加,此时轮胎的最大变形区域扩大,相应胎圈部位应力增加,这样经过多次的屈挠变形,复合材料经受多次的伸张、压缩变形,必然导致在由刚性向弹性急剧变化的应力集中区域(见图1)发生胶帘线断裂、层间剥离的损坏

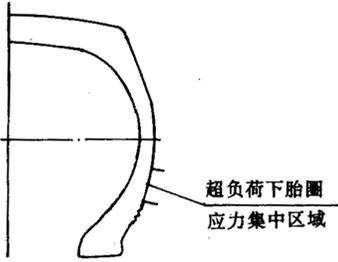


图1 超负荷下胎圈应力集中区域示意图

情况。

2.2.2 超负荷性能试验

为使室内试验条件接近实际使用情况,以考察轮胎在不同行驶条件下的变形规律及表面温度分布情况,在进行室内高速及耐久性试验的同时,模拟实际使用中的低气压、超负荷条件,加大轮胎在动态条件下的变形,以正常负荷的200%进行载重斜交轮胎的超负荷性能试验。采用此方法累计共试验轮胎17条,其中胎圈损坏的轮胎占损坏轮胎总数的47%。这表明在低气压、超负荷条件下,胎圈变得相对薄弱。为考察轮胎在动态条件下的变形规律,对在超负荷试验与高速试验中轮胎的动半径进行测量,结果是:超负荷试验中轮胎动半径为442~447 mm,高速试验中为485~488 mm。由此可以看出,与高速试验相比,超负荷试验中的轮胎始终处在一个较大的变形过程中,在动态条件下产生如此大的变形,必然降低帘线和胶料的耐疲劳性能,引起滞后损失,这种能量损失转化为热能,将导致轮胎温升。为考察轮胎在不同行驶条件下表面各部位的温度分布情况,在超负荷试验158 h和80 km·h⁻¹高速试验2 h后,对轮胎表面相同部位温度进行测量。从测量结果^[1]可以看出,在超负荷试验及高速试验中,轮胎表面各部位温度从胎冠至胎圈呈线性变化,超负荷试验的温度最高点在胎圈部位,而高速试验的温度最高点在冠部、肩部。

因此,轮胎在超载行驶条件下的变形、生

热是导致胎圈早期损坏的主要因素。

2.3 理论分析

轮胎是由橡胶-帘线-钢丝复合材料构成的粘弹性体。在行驶过程中,它传递胎面-柔软胎侧-刚性胎圈间的应力,产生应变,变形随负荷增加而增大,并与热能和温度有密切关系。轮胎应力应变与热能和温度的关系可用以下两个公式^[2]表示:

$$Q = 2\pi(1/2 \cdot E'\epsilon_0^2)\tan\delta \quad (1)$$

式中 Q ——轮胎接地旋转时每旋转1周所产生的热量;

E' ——贮能弹性模量;

ϵ_0 ——最大应变;

$\tan\delta$ ——损耗因子。

$$T = T_0 + QL/(\lambda Ft) \quad (2)$$

式中 T ——轮胎温度;

T_0 ——环境温度;

L ——轮胎厚度;

λ ——导热因数;

F ——放热面积;

t ——时间。

从式(1)和(2)可以看出,作用于轮胎上的变形能量($1/2 \cdot E'\epsilon_0^2$)通过损耗因子 $\tan\delta$,按式(1)转变为热量,再由式(2)表现为温升。由此可见,轮胎的应力、应变、变形时间与温度有密切关系,即最大变形愈大,变形时间愈短,温度愈高。由于胎圈散热条件差,而超负荷的行驶条件加剧了轮胎变形与热量积累,导致胎圈复合材料物理性能下降,从而相应降低了轮胎抵御各种应力应变的能力。

3 解决措施

在轮胎的实际使用条件下短期内难以扭转的情况下,根据胎圈早期损坏的原因,在减小胎体变形、降低胎圈应力、提高胎圈复合材料间粘合性能等方面采取措施,以增强胎圈的薄弱环节。

(1)适当提高断面水平轴位置

断面水平轴位于断面最宽点,是轮胎充

气和法向负荷下变形最大的位置。根据轮胎实际使用条件的变化,扩大轮胎负荷下的最大变形区域,将断面水平轴位置上移。设计时将 H_1 (胎圈基部至断面中心线高度) / H_2 (断面中心线至胎冠的高度) 值由原来的 0.85 提高到 0.93,可相应降低胎圈处应力。

(2) 适当提高帘布反包高度

在施工中,根据胎圈的材料分布,并综合考虑肩部的受力状况,将各层帘布的反包高度提高 5~10 mm,以增加胎圈刚性,提高胎圈的抗变形能力。

(3) 缩小钢丝圈直径

轮胎钢丝圈直径的大小会影响到轮胎的生产和使用性能。一般认为,在工艺条件允许和胎圈着合直径不变的情况下,钢丝圈直径愈小,钢丝圈底部复合材料的压缩率愈大,相应复合材料的致密程度愈高,从而也就加强了钢丝圈与轮辋间的力矩传递。根据轮胎的生产工艺情况,在实践中将钢丝圈直径由 526 mm 缩小为 525 mm,具有一定效果。

(4) 合理确定内衬层宽度

内衬层的配方设计及施工尺寸对于减轻外胎与内胎间相互摩擦,保护胎体第 1 层帘线在定型、硫化时不错乱具有重要作用。内衬层设计过宽,会影响胎圈底部胶料的粘合性能,过窄则会增加胎圈里侧第 1 层帘线与内胎间的相互摩擦。根据成品轮胎内衬层所能达到的宽度,将半成品内衬层宽度由 580 mm 调整为 620 mm 具有一定效果。

(5) 合理确定帘线假定伸张值 λ_1

帘线假定伸张值 λ_1 是轮胎结构设计中的一个重要参数,选值合理才能使轮胎在从半成品制成成品的过程中伸张适当,从而保证成品帘线排列整齐,受力均匀。 λ_1 取值过大,会使帘线强力降低,严重时甚至导致出现钢丝圈上抽、胎圈移位的现象,在实际使用中也易发生胎圈帘线折断或胎圈爆破的质量问题。 λ_1 取值过小,会造成胎体在使用中变形过大,降低轮胎的抗变形能力。实际调查中

也发现,轮胎在低气压、超载使用条件下会出现所谓“肚大”,后轮双胎间距过小的现象。因此, λ_1 值应根据各厂的帘线材质、工艺、设备条件等合理确定。

(6) 应用高质量胎圈包布

胎圈包布的主要作用是保护胎圈处的帘布不受轮辋磨伤。在轮胎行驶过程中,胎圈与轮辋间相互摩擦生热。热积聚降低了胎圈包布的物理性能,使胎圈包布与胎体帘线及胎侧胶间出现剥离损坏。尤其是使用非标准轮辋 6.00T 后,降低了胎圈与轮辋间的箍紧力,加速胎圈的摩擦生热及热积累。因此,胎圈包布要满足耐磨、耐热要求,保证其与胎体帘线及胎侧胶的粘合性能。过去我厂曾采用 120 型维纶帆布作胎圈包布,在苛刻的使用条件下,曾一度出现“磨胎圈”的现象。应用性能优良的尼龙帆布作胎圈包布后,使这一现象有所改观。尼龙帆布及维纶帆布在超负荷试验后的粘合强度见表 3。

表 3 尼龙帆布和维纶帆布在超负荷试验后的粘合强度

项 目	粘合强度/(kN·m ⁻¹)
尼龙帆布-胎体	15.5
维纶帆布-胎体	9.1
尼龙帆布-胎侧胶	12.5
维纶帆布-胎侧胶	9.4

注:使用尼龙帆布作胎圈包布的轮胎行驶时间为 139 h,使用维纶帆布作胎圈包布的轮胎行驶时间为 48 h。

(7) 采用性能优良的钢丝圈包布

钢丝圈包布的品种不仅对其加工工艺有影响,而且对其在成品中的使用性能影响更大。过去,我厂曾采用 75 型维纶帆布作钢丝圈包布,发现加工过程中布面不平整,易出横向褶子、气泡等;使用中胶线粘合强度低,易脱开;物性分析中帘线强力低。这些因素影响了复合材料间的粘合性能,给实际使用带来了隐患。解剖胎圈爆破的轮胎也发现,在胎圈损坏处,75 型维纶帆布与 V1 帘布及钢丝圈间有剥离现象。为此,采用性能优良的

尼龙帘布作钢丝圈包布,既提高了工艺加工性能,又提高了复合材料间的粘合性能。尼龙帘布与维纶帆布的半成品粘合强度为:尼龙帘布-V1帘布 $15.0 \sim 15.2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$;维纶帆布-V1帘布 $10.2 \sim 10.3 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

(8) 调整部分胶料配方

为增加胎体挺性,提高轮胎在受力状态下的抗变形能力,在保证轮胎整体定伸应力匹配的前提下,提高胎体胶的300%定伸应力。为避免在由刚性向弹性急剧变化的界面处产生应力集中点,可适当提高三角胶的硬度。在这方面,日本普利司通公司斜交轮胎及载重子午线轮胎采用复合三角胶以及提高下三角胶硬度的做法^[3](以加强胎圈的应力传递功能)值得借鉴。

(9) 提高钢丝隔离胶的粘合性能

提高钢丝隔离胶的粘合性能,对防止钢丝圈在使用中出现松散现象以及发挥钢丝圈的整体应力传递功能具有重要作用。配方改进前后成品钢丝H抽出试验结果见表4。

4 结论

(1) 通过采取各种相应措施,增强胎圈的薄弱环节,可提高轮胎在苛刻条件下的使用

表4 成品钢丝H抽出试验结果 N

部位	原配方		改进后配方	
	外钢丝圈	内钢丝圈	外钢丝圈	内钢丝圈
A	990	813	1 260 断	1 200 断
B	1 240 断	1 144 断	1 430 断	1 380 断
C	810	845 断	970	1 070

注:试样长度50 mm。

性能。1996年我厂9.00-20 16PR轮胎由于胎圈损坏而退赔的轮胎仅占同规格轮胎退赔总数的10%就是证明。

(2) 规范使用轮胎,可延长轮胎的使用寿命。山西怀仁矿业公司通过对轮胎的规范化管理,使得在用轮胎消除了胎圈早期损坏现象^[1]。因此,今后应加强对车主的宣传教育,以消除在使用方面导致胎圈早期损坏的各种影响因素。

参考文献

- 1 关 晶,康洪冉,周立忠. 尼龙轮胎超负荷性能的试验与研究. 轮胎工业,1996,16(12):716~724
- 2 薛虎军. 轮胎的生热及其对寿命的影响. 轮胎工业,1995,15(10):620~626
- 3 钟 延. 载重汽车轮胎胎圈爆破原因分析及改进方法. 轮胎工业,1988,8(7):1~9

收稿日期 1997-12-17

江苏轮胎厂完成第3次 产品结构调整

去年,上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司所属江苏轮胎厂坚持以市场为导向,根据“农、大、小、特”的发展战略,开发新品种44个,完成了第3次产品结构调整。

江苏轮胎厂去年注重开发新品种,完成了无内胎工程机械轮胎、第3代工业系列轮胎、大规格农业轮胎、载重汽车轮胎等系列产品的优化设计与开发,从而基本形成了新的生产格局。

目前,江苏轮胎厂10万套工程机械轮胎项目已获得国家经贸委批准。新的压延联动生产线项目、35 kV变电所项目也将开工。各技改项目的落实和产品结构的调整,为农业轮胎、工业车辆轮胎攀上新台阶以及实现工程机械轮胎的发展目标奠定了基础。

去年,江苏轮胎厂的销售收入达4.25亿元,虽比去年略有下降,但利润达到600万元,比上年增长15.7%,呈现出良好的发展势头。

(摘自《中国化工报》,1998-01-27)