

# 增强型 8.25-16-16P R 轮胎胎圈爆破原因分析及解决措施

马广军

随着我国高等级公路的增加,轮胎的使用条件越来越苛刻。一方面表现在中、高等级公路与矿石、泥沙路并存的现象仍然较为普遍,另一方面汽车高速、超载、长距离运输现象越来越普遍,尤其是超载运输使斜交轮胎在使用过程中经常出现肩空、磨胎肩、胎冠爆破等早期损坏现象。针对市场我们设计了增强型系列轻型载重斜交轮胎并投入四川、云南以及山西等超载严重的地区进行试验。由于此次设计采用了阶梯型胎肩,增强型胎体设计,产品投放市场后,肩空及磨胎肩现象明显减少,但是,胎圈早期损坏成为该系列轮胎的主要质量问题。下面本文分析了胎圈早期损坏的原因,并提出了解决措施。

## 1 损坏特征

胎圈早期损坏的轮胎花纹磨损较轻,有的新胎装车后行驶几十千米发生爆破,一般行驶里程为 1000~2000km,经解剖发现,胎圈早期损坏主要有以下两种情况:

### 1.1 胎圈磨损

在行驶过程中,胎圈与轮辋接触处发生摩擦,随着反复摩擦,磨痕不断加深、加大,磨破胎圈包布和胎体帘布,最后发生胎圈爆破。

### 1.2 胎圈爆破

爆破位置在三角胶上部或三角胶和钢丝接触部位。损坏处的轮胎帘线断头变硬,胶料发脆,钢丝圈包布与胎体剥离。

## 2 损坏原因

轮胎的内在质量、使用条件与轮胎的使用寿命及损坏特征密切相关。

### 2.1 低气压、超载、长时间行驶是在使用方面导致胎圈早期损坏的原因之一

文献中的静负荷试验表明,在负荷不断增加的条件下,轮胎的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,必然导致在有刚性向弹性急剧变化的应力集中区发生胶帘线断裂、层间剥离的损坏特征。文献中的超负荷性能试验表明,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,导致轮胎温度上升。文献中的高速性能和超负荷性能测温结果显示,高速性能试验的温度最高点在胎冠、胎肩部位,而超负荷试验的温度最高点在胎圈部位。低气压行驶相当于增加轮胎的负荷。因此,轮胎超负荷行驶条件下的生热是导致胎圈损坏的主要因素。

以上试验现象可以用以下两个公式加以解释:

$$Q=2\pi (1/2 *E')\epsilon_0^2 \tan \delta \tag{1}$$

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;  
 $\epsilon_0$ ——最大应变;  
 $\tan \delta$ ——损耗因子。

$$T=T_0+(Q-Q_T)L/(\lambda F t) \tag{2}$$

式中:T——轮胎温度;  
 $T_0$ ——环境温度;

$Q_T$ ——轮胎每旋转一周向环境散失的热量;

$L$ ——轮胎厚度;

$\lambda$ ——导热系数;

$F$ ——放热面积;

$t$ ——时间。

从式(1)和(2)可以看出,由于轮胎具有滞后损失,作用于轮胎上的变形能量 $\epsilon_0$ 通过损耗因子转变为热量,在通过式2转变为轮胎的温度上升,当轮胎的生热与散热相同时,轮胎的温度趋于平衡。由此可见,轮胎的温度与应力、应变、变形时间、散热能力有关,即最大变形越大、变形时间越短,轮胎越厚,散热能力越差,轮胎的温升越高。

由于胎圈较厚,散热条件差,超负荷条件下加剧了胎圈的应力和应变,使热量急剧增加,导致了胎圈复合材料的物理性能下降,从而导致胎圈破坏。因此,如何提高胎圈部位的抗变形能力,降低胎圈部位应力,提高胎圈部位的耐热性能是解决胎圈爆破的关键因素。

## 2.2 使用非标准轮辋是导致胎圈早期损坏的另一原因

由于公路管理混乱导致的运输成本增加及运输行业竞争的加剧,车主为了超载运输,往往将轮胎更换,如将7.00-16换为7.50-16,或者将7.50-16换为8.25-16,但是为了最大程度的降低成本,在更换轮胎时一般不同时更换轮辋,使用非标准轮辋必然减小胎侧的支撑性能,加大胎圈变形,降低胎圈与轮辋间的着合性能,加剧胎圈生热及热积累,从而导致胎圈薄弱部位损坏。

## 2.3 结构设计对胎圈早期损坏的影响

此次增强型轮胎的设计采用了阶梯型胎肩,相应增加了胎肩部位的支撑能力,从而导致水平轴( $H_1/H_2$ )下移,造成下胎侧应力集中,胎圈部位变形增大,易引起胎圈部位早期损坏。

## 2.4 钢丝圈包布工艺对胎圈早期损坏的影响

钢丝圈包布工艺是将钢丝圈、三角胶、钢丝圈包布贴合在一起,工艺较简单,但是,如果在贴合过程中使用较大或者较小的三角胶条,都容易造成包布后的钢丝圈内部窝藏空气,这些空气在硫化后易造成胎圈脱空,从而导致轮胎在使用过程中产生胎圈爆破等质量缺陷。

## 2.5 成型工艺对胎圈早期损坏的影响

为了增加胎体强度,减少侧爆等质量问题,此次增强型轮胎的施工设计采用8层1870dtex/2(6层 $V_1$ 、2层 $V_2$ ),成型方法采用3-3-2套筒法成型,由于帘布筒硬,在第一个帘布筒反包时容易造成钢圈底部脱空或在压圈工艺中用力不均,局部没有压紧压实,使成品产生子口脱空,子口褶子和钢丝圈上抽等质量缺陷,这种轮胎在使用过程中,子口部位将急剧生热,造成胎圈部位爆破等质量缺陷。

## 3 解决措施

在目前轮胎超负荷运输等使用条件难以改变的情况下,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的粘合性能和胎圈部位材料间的耐热性能以及工艺管理等方面采取措施,以增强胎圈部位,减少胎圈早期损坏等质量缺陷。

### 3.1 施工设计

#### 3.1.1 减小钢丝圈直径

在工艺条件允许和胎圈着合直径不变的情况下,钢丝圈直径的大小影响到轮胎的使用性能,钢丝圈直径越小,钢丝圈底部复合材料的压缩率越大,相应增大了胎圈和轮辋之间的箍紧力,从而增大了钢丝圈和轮辋之间的力矩传递,避免了钢丝圈底部和轮辋之间的摩擦,减少了磨损,降低了生热。根据生产工艺情况,将钢丝圈直径由417mm整为416mm。

#### 3.1.2 应用1400dtex/2 $V_2$ 作为钢丝圈包布

钢丝圈包布的品种不仅对加工工艺有影响,而且对成品性能影响更大,我厂一直采用维纶作为钢丝圈包布,维纶帘线强度低,胶线粘合性能差,易脱开,另外,钢丝圈包布胶性能较差,与钢丝覆胶和内层帘布胶的粘合性能较差,给实际使用带来了隐患。损坏轮胎解剖也发现,在胎圈损坏处,有很多都是钢丝圈包布和内层帘布或者是和钢丝圈脱开,使用1400dtex/2 $V_2$ 作为钢丝圈包布,即克服了钢丝圈包布与包布胶的胶线粘合性能差等,又提高了钢丝圈包布与内层帘布和钢丝圈之间的粘合问题。

#### 3.1.3 应用尼龙帆布作为胎圈包布

胎圈包布的主要作用是保护胎圈处的帘布不被轮辋磨破。在轮胎行驶过程中,胎圈与轮辋间

相互摩擦生热,热积累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。如果使用的是非标准轮辋,则降低了胎圈与轮辋间的箍紧力,导致磨胎圈现象,应用尼龙帆布即提高了包布与胎体和胎侧胶的粘合强度,又增加了胎圈的耐磨性能。

3.1.4 适当提高帘布反包高度

由于此次增强型轮胎胎肩部位采用了阶梯型设计,增加了肩部的支撑性能,适当提高帘布反包高度,可以使负荷下的胎圈部位变形减小,改善轮胎的超载性能,减少胎圈爆破。同时增大帘布级差,避免反包端点集中,减少胎圈部位的应力。

3.1.5 改变钢丝圈结构

施工时钢丝圈结构尽可能扁平,以增大胎圈与轮辋之间的着合面积,同时可以降低钢丝圈错位时两钢丝圈之间的重心的高度差,从而减小相对位移量,避免由于内侧和外侧钢丝圈受力不均而产生的胎圈部位的疲劳破坏导致的胎圈爆破。

3.2 配方设计

我国的轮胎设计是以静态平衡理论为基础的,这种理论是轮胎在充一定的内压后产生恒定的内负荷来确定承载能力和其它一系列有关技术参数的。因此我们在考虑胎圈各种材料的性能时,主要考虑静态特性,而对动态特性不甚注意。在这种静平衡理论的指导下,通常认为轮胎最大的生热和积热部位在胎肩,而胎圈所受的应力小,变形小,生热积热也少。然而,导致胎圈早期损坏的材料因素,不仅决定于静态性能,而更主要的是决定于动态特性,在动态超负荷条件下,胎圈温度最高,此时,胎圈复合材料间的粘合强度将大幅度下降而导致剥离,所以在设计胎圈材料的性能时,应最大限度的降低生热特性,提高耐热散热能力,从而有效的防止胎圈早期损坏。

3.2.1 三角胶配方的改进设计

三角胶位于坚硬的胎圈向较软的胎侧过渡区域,因此除了要求其具有较好的耐疲劳性能和较高的硬度外,还应该在高温下和钢丝圈及钢丝圈包布保持良好的粘合性能。根据胶料性能要求,将三角胶配方的含胶率由 19%提高到 24.8%,拉伸强度由 7~8MPa 提高到 11~12MPa,以提高其高温下的疲劳性能和粘合性能。

3.2.2 提高钢丝胶的粘合性能和强度

钢丝抽出有两种现象,一种是钢丝和胶料界面断裂导致钢丝抽出,另一种是钢丝胶内部断裂导致钢丝抽出,因此提高钢丝胶的粘合性能和强度可以提高防止以上两种破坏的能力。配方改进前后钢丝胶的拉伸强度分别为 8~9MPa 和 12~13 MPa,改进前后钢丝胶的 H 抽出分别为 800~900N 和 1100~1250N (按国家标准试验方法试验),配方改进前后成品轮胎胎圈钢丝 H 抽出试验结果见下表。

3.2.3 改进钢丝圈包布胶和内层帘布胶的性能,提高其耐热性能和粘合性能

由于外胎硫化过程中帘线假定伸张值和胎圈底部压缩率的存在,外胎硫化过程中钢丝圈易产生变形,使钢丝与包布胶料或钢丝隔离胶料与包布相结合,这就需要提高包布胶与钢丝之间的抽出力,另外如果钢丝圈包布胶和内层帘布胶的粘合性能差,则高温下易产生钢丝圈包布和内层帘布胶剥离,解剖的胎圈损坏的轮胎中有这种现象存在,因此应提高钢丝圈包布胶和内层帘布胶的耐热性能以及高温下的粘合性能。

| 表 成品胎圈钢丝 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                 | 850  | 825  | 1220   | 1155   |
| B                 | 1250 | 1180 | 1480 断 | 1425 断 |
| C                 | 890  | 850  | 1180   | 1170   |

注:试样长度为 50mm

3.4 工艺管理

1. 严格控制钢丝覆胶的可塑度,以保证钢丝圈覆胶均匀,防止挤出过程中出现的漏铜现象,保证钢丝圈与包布间的粘合。

2. 加强成型机管理,定期检查和保养,保证扣圈盘铜套和主轴之间的间隙符合要求。

3. 严格成型操作,确保帘布筒反包时用力均匀,后压辊具有同步性,避免钢丝圈底部局部脱空。

4. 定型风压符合工艺要求,缓慢送风,硫化时缓慢送水,避免钢丝圈上抽。

4 结论

通过采取调整施工设计,提高胎圈部位胶料性能,加强工艺管理基本解决了加强型轻型载重汽车斜交轮胎胎圈早期损坏现象。