

轮胎钢丝圈动态承载安全倍数研究

刘伯忠¹, 李德新², 唐海龙², 丁小芳²

(1. 赛轮集团股份有限公司, 山东 青岛 266500; 2. 海南省先进天然橡胶复合材料工程研究中心有限公司, 海南 澄迈 571924)

摘要: 针对钢丝圈安全倍数采用简化静态胎圈张力公式计算不能精确确定重载和使用条件苛刻轮胎钢丝圈设计正确性的问题, 提出胎圈设计应考虑钢丝圈所受的内压张力、过盈力、扭矩产生张力和离心力产生张力的综合力, 进行动态承载安全倍数计算。不同市场重载轮胎产品钢丝圈设计与实际使用效果对比证明了采用动态承载安全倍数评价钢丝圈设计的合理性和科学性。

关键词: 轮胎; 胎圈; 钢丝圈; 综合力; 动态承载; 安全倍数

中图分类号: TQ336.1⁺1

文献标志码: B

文章编号: 1006-8171(2019)11-0699-03

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2019.11.0699



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

重载轮胎使用特点是高超载、高充气压力、高速度, 且使用环境多弯路或小角度转弯, 轮胎的实际使用条件已经达到或超出设计极限, 按照简单静态钢丝圈张力计算, 不能科学分析评价设计是否满足实际使用安全倍数要求, 例如有的设计虽然静态安全倍数达标, 但是在转弯多的情况下却达不到钢丝圈部位抗扭转张力的要求。

常用的无内胎轮胎增大过盈力计算钢丝圈安全倍数的方法也是计算静态受力, 不能科学评价动态承载性能。因此, 应根据不同市场的使用情况, 科学地计算轮胎钢丝圈部位的动态承载安全倍数^[1-2]。

目前, 钢丝圈静态安全倍数计算方法存在的主要弊端是不能科学解释静态安全倍数高达6以上轮胎在实际使用中还出现钢丝圈裂问题。因此, 钢丝圈受力应全面分析, 不仅要考虑静态受力, 也要考虑动态受力; 静态下还应考虑过盈配合, 动态下需考虑扭转力矩和离心力。

1 钢丝圈动态承载安全倍数的计算理论

1.1 钢丝圈受力分析

轮胎使用中钢丝圈受力分为4部分: 内压张

力、过盈力、扭矩产生张力和离心力产生张力^[3]。

钢丝圈静态安全倍数(Q_s)是以实际的负荷和充气压力作为参数计算内压张力(T), 再根据下式进行计算:

$$Q_s = \sigma n / T \quad (1)$$

式中, σ 为单根钢丝强度, n 为钢丝根数。

钢丝圈动态承载安全倍数(Q_d)是以实际的负荷、充气压力和车速作为参数计算内压张力、过盈力、扭矩产生张力和离心力产生张力的综合力(F), 再根据下式进行计算:

$$Q_d = \sigma n / F \quad (2)$$

国内轮胎企业多只采用内压张力计算钢丝圈安全倍数^[4], 无内胎和轻型载重轮胎不考虑过盈力, 更不计算实际使用中动态扭矩和离心力产生的张力。动态下不同轮胎钢丝圈各种受力占比不同。有内胎和无内胎载重子午线轮胎实际使用环境下钢丝圈部位各种受力占比分析结果如表1所示。

从表1可以看出, 12.00R20有内胎轮胎扭矩产生张力占比达到47.1%, 13R22.5无内胎轮胎过盈力和扭矩产生张力占比之和达54.2%。如果只计算内压张力, 则其只占总张力的42.9%~50.7%。

通过计算钢丝圈部位动态扭转力矩能很好地解释在标准负荷下有的轮胎产品出现胎踵裂而有的产品却不出现问题的原因, 这与钢丝圈骨架材

作者简介: 刘伯忠(1972—), 男, 河北滦县人, 赛轮集团股份有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计和工艺管理工作。

E-mail: l1b2z3001@163.com

表1 动态下轮胎钢丝圈各种受力占比

轮胎类型	规格	承载因数	充气压力/MPa	车速/(km·h ⁻¹)	内压张力占比/%	过盈力占比/%	扭矩产生张力占比/%	离心力产生张力占比/%
有内胎	12.00R20	2.3	1.4	60	50.70	—	47.10	2.20
无内胎	13R22.5	1.9	1.2	80	42.90	29.20	25.00	2.90

料的类型和规格有关。由此可见,不能只考虑钢丝圈爆破问题,还应考虑扭转变形等影响钢丝圈性能的更深层次问题。

1.2 充气轮胎钢丝圈的强力利用率(C_b)

研究发现^[2],全钢子午线轮胎和部分半钢子午线轮胎采用L形钢丝圈结构[见图1(a)],扭转扩散应力,采用圆形(缆绳结构)、六角形(单根钢丝缠绕)和方形(多根钢丝并排缠绕)断面钢丝圈时C_b分别为0.75~0.95,0.55~0.75和0.30~0.45;部分半钢子午线轮胎和斜交轮胎采用三角形钢丝圈结构[见图1(b)],径向扩散应力,C_b为0.75~0.95。

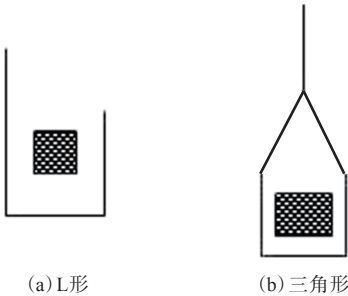


图1 钢丝圈结构示意图

以采用六角形钢丝圈的12.00R20轮胎为例,其实际使用充气压力为1.4 MPa,承载因数为2.5,车速为60 km·h⁻¹,钢丝圈动态和静态承载安全倍数计算结果如表2所示。

表2 12.00R20轮胎钢丝圈的动态和静态承载安全倍数

钢丝根数	钢丝圈承载安全倍数	
	动态	静态
79	2.07	4.1
88	2.31	4.5
95	2.50	4.9

钢丝圈采用79根钢丝时,考虑C_b,其最小安全倍数为2.07×0.55%=1.13,可见这种钢丝圈根本不能满足实际使用的复杂环境(道路坑洼不平、自卸车卸货时单胎负荷过大和急转弯等)要求。虽然钢丝圈没有损坏,但是其扭转变形加大,钢丝圈部位受力变形异常的情况没有考虑。因此对于

市场上承载因数为2.5或2.7的12.00R20重载系列轮胎,钢丝圈采用79根钢丝不能满足要求,而应采用95根钢丝。由此可见,使用环境已经达到或超出原设计极限时,需要进行更精确的动态计算,考虑轮胎滚动中所受的扭转力矩非常重要。

2 钢丝圈的动态和静态承载安全倍数计算

对容易出现问题地区的重载轮胎进行研究分析,根据市场使用环境的承载因数定位如表3所示。

表3 根据市场使用环境的轮胎承载因数定位

规 格	承载因数	目标市场
295/80R22.5	1.50	马来西亚
315/80R22.5	1.50	中国台湾地区
315/80R22.5	1.70	中国台湾地区
12R22.5	1.10	越南山地
295/60R22.5	1.50	国内
12.00R20	2.30	国内

轮胎钢丝圈动态与静态承载安全倍数对比如表4所示。

从表4可以看出,有的12R22.5轮胎钢丝圈采用65根Φ1.83 mm钢丝,尽管其质量比采用79根Φ1.55 mm钢丝小,但是抗扭转能力强,因此钢丝圈部位不容易出现问题。另外,295/60R22.5轮胎由于用于长拖车,在转弯时对轮胎钢丝圈的扭转强度要求较高,因此应考虑动态抗扭转性能。

根据表4中钢丝圈动态承载安全倍数计算与实际使用对应情况可以看出,在重载和条件稍微苛刻的情况(例如转弯多)下,轮胎钢丝圈设计动态承载安全倍数应大于2.3。

3 试验验证

12.00R20轮胎钢丝圈正常生产采用79根Φ1.55 mm钢丝,试验采用95根同样钢丝,轮胎的动态承载安全倍数从2.07增大至2.50。

根据国家标准对正常生产轮胎和试验轮胎进行钢丝圈耐久性能试验。正常生产轮胎试验时间

表4 轮胎钢丝圈动态与静态承载安全倍数对比			
承载因数	钢丝根数	钢丝圈承载安全倍数	
		动态	静态
12. 00R20			
2. 5	79	2. 07	6. 29
2. 5	88	2. 31	7. 00
2. 5	95	2. 50	7. 56
295/80R22. 5			
1. 5	65	2. 17	5. 80
1. 5	72	2. 41	6. 43
315/80R22. 5			
1. 5	65	2. 07	5. 75
1. 5	72	2. 29	6. 36
1. 5	79	2. 52	6. 98
1. 7	72	2. 08	5. 73
1. 7	79	2. 28	6. 28
12R22. 5			
1. 1 (钢丝Φ1. 55 mm)	65	2. 00	5. 08
1. 1 (钢丝Φ1. 55 mm)	72	2. 22	6. 63
1. 1 (钢丝Φ1. 55 mm)	79	2. 44	7. 27
1. 1 (钢丝Φ1. 83 mm)	65	2. 83	8. 40
295/60R22. 5			
1. 5	58	2. 10	8. 18
1. 5	65	2. 35	9. 17

为68.85 h,试验结束时出现上下钢丝圈脱空问题,而试验轮胎试验时间达到105 h,试验结束时尚未损坏。

由此可见,钢丝圈安全倍数增大,胎圈耐久性能力提升。

4 结论

通过部分规格轮胎钢丝圈动态和静态承载安全倍数计算与实际使用效果对比,证明动态承载安全倍数计算有一定的科学性和实用性。

通过轮胎动态钢丝圈受力及钢丝圈动态承载安全倍数计算,结合钢丝圈的强力利用率,提出重载轮胎钢丝圈动态承载安全倍数一般大于2.3的要求。

参考文献:

[1] 王国林,周浩,梁晨,等. 外轮廓和结构参数对载重子午线轮胎疲劳寿命的影响[J]. 橡胶工业,2017,64(5):290-294.

[2] 俞淇,丁剑平,张安强,等. 子午线轮胎结构设计及制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006:148.

[3] 酒井秀男. タイセ工学[M]. 东京:株式会社ダラソプリ,1987:269-270.

[4] 隆有明. 轮胎整体结构优化设计理论TECO及其推广应用[J]. 上海化工,1999,24(18):17-21.

收稿日期:2019-07-29

江苏兴达钢帘线股份有限公司泰国工厂
建成开业

2019年9月26日,江苏兴达钢帘线股份有限公司(以下简称兴达公司)的第一座海外工厂,同时也是中国钢帘线行业的第一座海外工厂——兴达钢帘线(泰国)有限公司正式开业。该工厂建于泰国春武里省拉差县,总投资10亿元人民币,设计产能10万t,主要生产乘用车和载重汽车轮胎用钢丝帘线产品。该工厂的顺利建成开业,是兴达公司全球化征程中的又一座里程碑。

泰国政府及其相关职能部门官员,中国驻泰使馆、泰国中国企业总商会领导,泰国轮胎制造商协会、中国橡胶工业协会、印度橡胶工业协会、中国各驻泰银行、泰国正大集团以及美国固特异轮胎橡胶公司、德国大陆集团、日本住友株式会社、阿波罗轮胎有限公司、中策橡胶集团有限公司、山东玲珑轮胎股份有限公司、三角轮胎股份有限公司、赛轮集团股份有限公司、浦林成山轮胎有限公司、正新轮胎(台湾)国际集团有限公

司、佳通轮胎股份有限公司等国内外知名轮胎企业代表,共计100余人出席了庆典。

泰国春武里府府尹帕卡拉通先生,中国驻泰国大使馆张佩东公参,泰国中国企业总商会会长李志刚先生,中国橡胶工业协会副会长兼秘书长徐文英女士,中策橡胶集团有限公司董事长兼总经理、中策橡胶(泰国)有限公司董事长沈金荣先生,印度橡胶工业协会原主席、印度轮胎技术咨询委员会主席、阿波罗轮胎有限公司全球首席技术研发顾问P.K.默罕默德先生,固特异轮胎管理(上海)有限公司全球骨架材料亚太区采购经理唐文娇女士,分别为庆祝兴达泰国工厂正式开业发表致辞。

庆典期间,兴达公司总经理刘祥在接受采访时说:“泰国兴达是兴达发展的新起点,是我们全球化战略中不可或缺的一部分,兴达泰国工厂的建立也表明了我们在全球市场上贴近客户、靠近服务的营销承诺。在过去的几年里,兴达的海外业务持续高速发展,如今兴达泰国工厂正式开