

胎圈钢丝的基本特性对轮胎性能的影响

刘燕生 魏清波

(北京轮胎厂 100085)

摘要 介绍国内外胎圈钢丝的生产品种和标准,探讨了钢丝断裂伸长率及其它特性对轮胎性能的影响,提出了轮胎对胎圈钢丝品种、质量和包装的要求。胎圈钢丝要发展多品种、多规格和高强度产品。不同规格品种的轮胎应选择不同规格品种的胎圈钢丝。

关键词 胎圈钢丝,基本性能,轮胎性能

随着国内公路状况的改善,特别是高等级公路的增加,车辆行驶速度提高幅度较大,而且各类运输车辆超载现象严重,导致轮胎出现肩空和胎圈爆破等质量问题,许多人^[1~3]在这方面做了大量有益的探讨和研究。据有关方面预测,到2000年国内轮胎需求量将超过7600万条,其中子午线轮胎占35%,胎圈钢丝的年消耗量约为9万t。据不完全统计,目前国内胎圈钢丝生产厂家有近30家,其总产量约为10万t,但只有一部分是回火钢丝。笔者根据收集到的国内外各类文献资料和试验结果,讨论胎圈钢丝的基本特性对轮胎性能的影响。

1 国内外胎圈钢丝生产品种及指标

根据子午线轮胎的受力特点分析,其胎圈部位受力比同规格斜交轮胎高出约30%~50%,国内原生产斜交轮胎使用的胎圈钢丝已不能满足子午线轮胎的性能要求。胎圈钢丝的国家标准是GB 14450—93(详见表1),它取代了原有的YB 254—64冷拉钢丝

标准及YB(T) 26—86回火胎圈钢丝标准。GB 14450—93中只有直径(Φ)为0.96和1.0 mm两种规格,根据不同的生产工艺,胎圈钢丝可分为冷拉钢丝和回火钢丝。由于冷拉钢丝的表面不干净,需在制造钢丝圈时进行酸洗处理,而酸洗对钢丝的镀铜层和与橡胶的粘合均有影响;另外,我们曾对许多国产的冷拉钢丝进行测试,其断裂伸长率几乎为零,而且国外已不生产这种产品,因而国内应限制生产冷拉钢丝。回火胎圈钢丝由于表面清洁,不需酸洗处理,且断裂伸长率较大,应大力发展。

为解决国内特种轮胎胎圈钢丝质量问题,改变依靠进口的现状,有人^[4]曾对直径为1.0 mm胎圈钢丝进行了专题研究和攻关,在对国外产品实测的基础上制定了攻关标准(见表1中特种轮胎攻关标准),其中的断裂伸长率和粘合力指标均比GB 14450—93要求高。北京轮胎厂曾于1987年向国内有关钢丝生产厂提出了子午线轮胎胎圈钢丝的性能要求(见表1中内控指标),并对各项性能指标作了详细说明,希望能引起国内生产厂家的重视并开发生产,但到目前为止,产品还不能完全满足要求。

在80年代中末期,天津第二钢丝绳厂和沈阳线材厂分别引进了日本和意大利的胎圈钢丝生产技术和设备。在国外,由于没有统一的国家标准或行业标准,因而各公司生产

作者简介 刘燕生,男,36岁。工程师。橡胶工程专业本科毕业。现任厂长助理、副总工程师。主要从事橡胶配方、引进子午线轮胎技术原材料国产化 and 轮胎生产工艺等方面的工作。曾于1991和1994年两次获得北京市优秀科技人员三等奖,1994年被授予北京市优秀青年知识分子称号,1995年被授予北京市新长征突击手称号。已发表论文30余篇。

表 1 国内胎圈钢丝的几个标准

项 目	GB 14450—93		特种轮胎	内控指标
	冷拉钢丝	回火钢丝	攻关标准	
直径/ mm	0.96 ±0.02	0.96 ±0.02	—	0.96 ±0.02
	1.00 ±0.02	1.00 ±0.02	1.00 ±0.02	1.00 ±0.02
断裂强度/ MPa	≥1 770	≥1 770	≥1 765	≥1 800
弯曲疲劳寿命/ 次	≥12	—	≥12	≥12
扭转疲劳寿命/ 次	≥27	≥25	≥25	≥25
断裂伸长率/ %	—	≥3	≥4	≥4
平直度(3 m)/ m	—	≤0.6	≤0.6	≤0.6
粘合强度/[N·(50 mm) ⁻¹]	≥685	≥685	≥1 300	—
粘合强度/ [N·(12.5 mm) ⁻¹]	—	—	—	≥200
镀铜量/(g·kg ⁻¹)	0.6~2.0	0.3~1.35	0.3~1.5	0.3~0.7
锡的质量分数/ %	—	—	—	≤0.5

的胎圈钢丝均有自己的系列和标准指标,各
轮胎生产公司也有自己的标准要求。

表 2~5 示出了国外几家公司胎圈钢丝
的产品规格和技术指标。我们曾对从英国
NS 公司进口的 Φ0.96 mm 规格不同批次的
184 盘胎圈钢丝进行检验,试验结果见表 6。

表 2 贝卡尔特公司胎圈钢丝产品规格和指标

直径/ mm	断裂强	扭转疲劳	镀铜量/
	力/ N	寿命/ 次	(g·kg ⁻¹)
0.890 普通型	≥1 200	≥50	0.30~0.65
0.890(高强度型)	≥1 350	≥50	0.30~0.65
0.965(普通型)	≥1 350	≥52	0.30~0.65
0.965(高强度型)	≥1 525	≥50	0.30~0.65
1.000(普通型)	≥1 450	≥25	0.30~0.65
1.295(普通型)	≥2 400	≥25	0.20~0.60
1.295(高强度型)	≥2 795	≥25	0.20~0.60
1.420(普通型)	≥2 880	≥22	0.15~0.45
1.550(普通型)	≥3 340	≥20	0.15~0.45
1.550(高强度型)	≥3 900	≥20	0.15~0.45
1.600(高强度型)	≥4 150	≥20	0.15~0.45
1.650(普通型)	≥3 680	≥20	0.15~0.45
1.820(普通型)	≥3 970	≥20	0.15~0.45

注:断裂伸长率均 ≥5%;锡的质量分数均 ≤3%。

表 3 KISWIRE 公司胎圈钢丝产品规格

项 目	直径/ mm					
普通型	0.78	0.95	1.27	1.42	1.55	1.83
高强度型	0.95	1.27	1.55	1.60	—	—

注:断裂伸长率均 ≥5%,普通型最小断裂强度为 1 764
MPa,高强度型最小断裂强度为 2 156 MPa。

表 4 TOKYO 公司胎圈钢丝产品规格和指标

直径/ mm	断裂强度/ MPa	扭转疲劳寿命/ 次
0.94(普通型)	≥1 960	≥30
0.94(高强度型)	≥2 254	≥25
0.96(普通型)	≥1 960	≥30
0.96(高强度型)	≥2 254	≥25
1.00(普通型)	≥1 960	≥30
1.00(高强度型)	≥2 254	≥25
1.30(普通型)	≥1 960	≥30
1.30(高强度型)	≥2 254	≥25
1.55(普通型)	≥1 862	≥25
1.55(高强度型)	≥2 156	≥20
1.60(普通型)	≥1 862	≥25
1.60(高强度型)	≥2 156	≥20

注:断裂伸长率均 ≥4.0%;镀铜层厚度均为 0.08~
0.21 μm;锡的质量分数均为 2%~10%。

表 5 GUSTAV VOLF 公司胎圈钢丝
产品规格和指标

规格	直径/	断裂强	扭转疲劳	镀青铜量/
	mm	度/ MPa	寿命/ 次	(g·kg ⁻¹)
95S	0.95	≥1 860	28	0.30~0.65
165S	1.65	≥1 810	30	0.30~0.65
160IITS	1.60	≥2 210	26	0.15~0.35
183IITS	1.83	≥2 210	20	0.30~0.60

注:断裂伸长率 ≥5%;锡的质量分数 ≤2%;平直度
(3m)各种规格均 ≤0.6m。

试验结果表明,不同时间进口的不同批
次的胎圈钢丝各项性能指标的一致性和均一
性非常好。

表 6 184 盘进口胎圈钢丝检测统计报告

项 目	实测值			指标
	平均值	最小值	最大值	
直径/mm	0.963	0.954	0.968	0.96 ±0.02
断裂强力/N	1 430	1 390	1 480	≥1 295
断裂伸长率/%	5.8	5.0	7.0	≥4
扭转疲劳寿命/次	35	33	40	≥25
粘合强度/[N·(12.5 mm) ⁻¹]	350	300	380	≥200
镀铜量/(g·kg ⁻¹)	0.50	0.43	0.62	0.3~0.7
锡的质量分数/%	1.0	0.8	1.3	≤2

2 轮胎对胎圈钢丝的基本特性要求

2.1 轮胎对胎圈钢丝品种和强度的要求

从表 2~5 中可以看出,国外各胎圈钢丝制造商均有多个胎圈钢丝品种供轮胎生产厂选择。我国引进子午线轮胎技术主要使用 Φ0.96,Φ1.42,Φ1.55 和 Φ1.65 mm 四种胎圈钢丝。而目前国内生产的胎圈钢丝主要是 Φ1.0 mm,其它规格的产量极少。

子午线轮胎的受力分析及实测结果证明,各种不同类型的轮胎应选择不同直径的胎圈钢丝:轻载和轿车子午线轮胎多选用 Φ0.96 mm 的胎圈钢丝;载重子午线轮胎多选择 Φ1.42,Φ1.55 或 Φ1.65 mm 规格的胎圈钢丝;斜交轮胎也应该按照这个原则选择胎圈钢丝,以使其结构和受力更为合理。各种规格的胎圈钢丝都必须有均匀的圆形断面,其表面镀有均匀的铜或高含量的铜合金,且必须是圆滑无划痕凹坑或其它痕迹,干净无杂质并且无氧化迹象。只有回火钢丝能够达到这个要求,而冷拉钢丝则不行。

从胎圈钢丝的强度上看,同一直径的胎圈钢丝根据强度的不同分为普通型和高强度型。从表 2~5 中可以看出,普通型胎圈钢丝的最小断裂强度为 1 800 MPa,而高强度型胎圈钢丝最小断裂强度为 2 200 MPa。在轮

胎胎圈强度相同的条件下,采用高强度型胎圈钢丝可比普通型胎圈钢丝减少用量约 20%,使胎圈的质量减小,轮胎滚动阻力降低,节约能耗,具有较好的社会效益和经济效益,这是胎圈钢丝近年来的发展趋势。

普通型和高强度型胎圈钢丝的生产对其盘条材料有着不同的要求,胎圈钢丝对高碳钢的成分要求见表 7。

表 7 胎圈钢丝对高碳钢的成分要求 %

项 目	普通型	高强度型
碳	0.73	0.82
锰	0.50	0.50
磷	≤0.020	≤0.015
硫	≤0.01	≤0.01
硫+磷	≤0.025	≤0.020
硅	≤0.30	≤0.30
铜	≤0.06	≤0.06
铬	≤0.05	≤0.05
镍	≤0.06	≤0.05
铝	≤0.05	≤0.05
氮	≤0.007	≤0.006
其它元素	≤0.006	≤0.006

目前国内仅生产普通型胎圈钢丝,而不能生产高强度胎圈钢丝,对胎圈钢丝的扭转和弯曲没有特别的要求,且产品性能与国外产品基本相当。高强度胎圈钢丝的扭转指标随着强度的增大而相应下降。

2.2 轮胎对胎圈钢丝断裂伸长率的要求

断裂伸长率是胎圈钢丝的一个关键指标。若胎圈钢丝的断裂伸长率不符合要求则不能使用,特别是采用引进技术的轮胎生产厂家对此项指标控制极为严格。从表 2~6 中可以观察到国外各公司的胎圈钢丝断裂伸长率指标均为 4%以上,实测值更高。图 1 为实测德国 VOLF 公司 Φ0.96 mm 胎圈钢丝样品的强伸曲线图。

目前,国内对胎圈钢丝断裂伸长率的测试仅含塑性形变,不含弹性形变,试验时取一定长度的样品,以其中 20 cm 为试验部分,在两端做上记号,在强力试验机上进行拉伸试验,待钢丝扯断后再将钢丝断口对接起来,

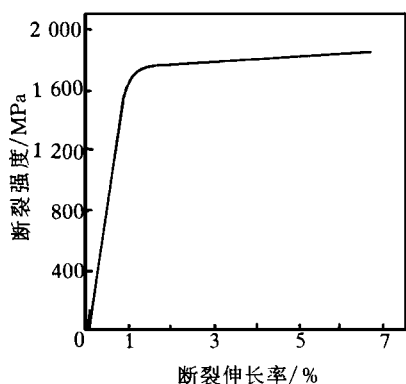


图1 $\Phi 0.96$ mm 胎圈钢丝强伸曲线图

测得的长度的增量即为断裂伸长率。曾有人^[4]研究后指出,由于国内胎圈钢丝断裂伸长率达不到要求,因而无法在特种轮胎上使用,即使对于同样强度的胎圈,做轮胎的水压爆破试验时,采用国产低断裂伸长率钢丝的安全倍数明显低,这说明胎圈钢丝的断裂伸长率起了重要的作用。

胎圈强度的计算是以整个横断面上负荷分布均匀为前提的。在轮胎胎圈受力时最里面的钢丝首先变形,由于钢丝层与层之间有隔离胶,作用力通过压缩隔离胶依次传递到最外层,也就是说钢丝圈层与层之间有一个压力降,钢丝受力是不均匀的,越外层受力越小,在作用力较小时,这种差别比较大。由于隔离胶的压缩量是有限度的,随着作用力的增大,钢丝圈的内径增大,这种受力差别逐渐减小。

例如, $\Phi 1.0$ mm的胎圈钢丝层与层之间的隔离胶厚度为0.4 mm。如果由于钢丝断裂伸长率太小,最里层和最外层钢丝受力差别没有得到消除,则最外层钢丝受力最小,整个钢丝圈不能形成一个整体去均匀分担由里向外的作用力,其受力主要由里面几层钢丝承受,容易造成胎圈由内向外断裂,最终导致轮胎的破坏。如果胎圈钢丝的断裂伸长率符合要求,则通过钢丝的伸长而消除了内外层受力差别,使钢丝圈的每根钢丝都能均匀地分担外力,这时钢丝圈强度与设计计算的强

度相符。因而钢丝断裂伸长率在很大程度上影响到钢丝圈的强度。

2.3 轮胎对胎圈钢丝镀铜和粘合力的要求

胎圈钢丝镀铜是为了改善钢丝与橡胶之间的粘合性能,镀铜量对粘合性能有直接影响。镀铜量与镀铜厚度之间的换算关系为:厚度(μm) = $0.220 \times \text{直径}(\text{mm}) \times \text{镀铜量}(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$ 。镀铜厚度一般宜为 $0.08 \sim 0.16 \mu\text{m}$,这对橡胶与胎圈钢丝的粘合最有利。镀铜量少,钢丝与橡胶的粘合性能较差;镀铜量多,铜的强度低,其动态性能差,因而要严格控制胎圈钢丝的镀铜量。从表2~6中可以看出, $\Phi 0.96$ 或 $\Phi 1.0$ mm的胎圈钢丝的镀铜量一般控制在 $0.3 \sim 0.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

镀层可以是紫铜、青铜或黄铜,但一般选择紫铜或青铜,若是镀青铜则耐腐蚀性、耐磨性好,但必须严格控制锡的质量分数。国外各公司的锡的质量分数标准不同,例如:英国NS公司有两个标准供用户选择,一个标准是锡的质量分数最高为2%,另一个标准是锡的质量分数为1%~3%;德国GOSTAVOLF公司镀青铜钢丝锡的质量分数最高为2%,曾对该公司提供的 $\Phi 0.96$ mm钢丝样品进行测试,其锡的质量分数为0.3%;贝卡尔特公司锡的质量分数最高为3%。国内胎圈钢丝多为镀紫铜,但镀层厚度控制不严,这对钢丝与橡胶的粘合性能有着直接的影响。国内也有人^[5]对此进行了探讨。

胎圈钢丝与橡胶的粘合力一定要达到指标给定的最低值。当橡胶配方一定时,影响粘合力的主要因素是钢丝的镀层及表面清洁程度。硫化时选择宽度较小的模具,这是因为模具宽度越大,做钢丝抽出试验时,橡胶变形对粘合力的附加力越大,一般很少选择宽度为50 mm,而选择宽度为12.5 mm的模具。在从国外进口胎圈钢丝时,该指标是由供需双方共同确定的,从实测结果看,在保证钢丝表面清洁和镀层厚度情况下,橡胶与钢丝的粘合力都比较理想。

2.4 轮胎对胎圈钢丝的其它要求

胎圈钢丝平直度决定着钢丝在制作钢丝圈的过程中是否好用,即影响轮胎生产工艺。为了判别一种钢丝是否合格,一般在使用前要逐盘试验。从钢丝盘上导开钢丝,取3 m长的钢丝样品放在一个边长为3 m×0.6 m的矩形平面内并松开,合格的钢丝在自由状态下不能超出边框,同时不能形成圆形或螺旋形。若胎圈钢丝不合格,则在生产过程中易造成大量浪费。

胎圈钢丝要采用标准包装,即宽为280 mm,内径为352 mm,外径为720 mm,否则,将无法在进口的胎圈生产设备上使用。每盘钢丝质量约为430 kg,采用抽真空包装并内含1 kg的干燥剂,以保证钢丝在储存、运输以及使用前不生锈。每两盘钢丝放在一个托盘上进行运输包装,包装的形式可以是不同的,但必须能保证在运输过程中不破损。

在一盘钢丝中允许有一定的接头数,但钢丝的接头必须是对焊并打磨,以免直径发生变化,其直径增加率不得超过20%,接头最小断裂强力应是钢丝最小扯断负荷的40%,接头必须能够在20 kg的张力下通过直径为80 mm的滑轮而不断开,这是保证钢

丝圈正常生产的基本要求。

3 结语

(1) 轮胎胎圈钢丝要发展多品种、多规格和高强度产品以适应轮胎行业的需求。从胎圈钢丝使用和性能要求上来讲,要大力发展回火镀青铜钢丝,限制冷拉钢丝的生产。在技术标准制定上要参照国外同行业制造商的技术标准。

(2) 在不同的轮胎规格品种设计中,应充分考虑胎圈钢丝特性对轮胎性能的影响,采用不同规格品种的胎圈钢丝。

参考文献

- 1 李科,赵洪金,傅洪芳. 解决11.00-20轮胎肩空和胎圈爆破的措施. 轮胎工业,1995,15(9):515~518
- 2 韩建民. 改进6.50R16子午胎钢丝圈结构提高胎圈强度. 轮胎工业,1994,14(5):34~35
- 3 阎凤山,张庆芬,路金英,等. 11.00-20轮胎胎圈早期爆破原因分析及解决措施. 轮胎工业,1995,15(4):211~213
- 4 罗金元. 特种轮胎胎圈钢丝国产化研究. 特种橡胶制品,1991(1):10~14
- 5 黄绪正,薛峰,许惠宝. 钢丝镀铜厚度对橡胶与钢丝粘合力的影响. 橡胶工业,1987,34(12):10~14

收稿日期 1997-05-19

Influence of Basic Characteristics of Bead Wire on Tire Performance

Liu Yansheng and Wei Qingbo

(Beijing Tire Factory 100085)

Abstract The types and standards of wire for tire bead are introduced. The influence of the elongation at break and other characteristic parameters of bead wire on the tire performance are investigated. The requirements of tire for types, quality and packing of bead wire are proposed. Multi-types and sizes of bead wire with high tensile strength should be developed. The different types and sizes of bead wire should be chosen for the different types and sizes of tire.

Keywords bead wire, basic characteristics, tire performance