

国外轮胎胎圈的发展变化

梅凤国, 王忠寿, 罗之祥

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100143)

摘要:通过分析国外轮胎剖析结果, 研究国外轮胎胎圈的发展趋势。胎圈钢丝方面: 轿车子午线轮胎直径有所增大, 质量不断提高, 镀层仍以青铜为主; 载重子午线轮胎变化不大。钢丝圈方面: 轿车子午线轮胎小规格为矩形, 大规格为六边形, 新开发的有圆形; 载重子午线轮胎为六边形, 新开发的有矩形和圆形。采用薄胶片替代钢丝圈包布可提高钢丝圈结构和形状的稳定性的。

关键词: 轮胎; 钢丝圈; 胎圈钢丝; 钢丝圈包布

中图分类号: TQ336.1; TQ330.38⁺9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2013)12-0707-05

轮胎是由多种材料复合而成的橡胶制品。轮胎的各个部件在设计时被赋予了各种独特的性能。这些部件经过一定的设备和工艺加工紧密地结合成一个整体, 共同实现轮胎的功能。胎圈是轮胎的重要组成部分, 其主要用途是使轮胎紧密地固定在轮辋上, 并承受外胎与轮辋的各种相互作用力。胎圈部位由于承受的应力较大, 容易造成损坏。在轮胎的各种事故中, 胎圈问题多引起轮胎泄气或爆胎, 因此, 各轮胎公司都非常重视对胎圈的研究。

我院自 1986 年起开始对国外轮胎进行剖析, 胎圈和胎圈钢丝的特点和发展变化一直是分析的重点部分。本文根据近 20 年来历次轮胎剖析结果, 对国外主要轮胎公司在钢丝圈制造以及胎圈钢丝使用方面的情况进行汇总, 希望能够对国外轮胎公司材料使用和设计理念有所了解, 帮助国内轮胎行业掌握国外钢丝圈和胎圈钢丝方面的发展动向。

1 胎圈钢丝

钢丝圈主要由胎圈钢丝组成。胎圈钢丝经历了由冷拉钢丝向回火钢丝的转变。国内从 20 世纪 80 年代中期开始引进国外回火钢丝的生产技术, 并于 80 年代末、90 年代初在整个轮胎行业全面推广使用。自国外轮胎剖析开始, 所见的胎圈

钢丝都是回火钢丝。

1.1 轿车子午线轮胎

轿车子午线轮胎的胎圈钢丝经历了直径由小到大的变化过程。轿车子午线轮胎由于负荷相对较小, 速度快, 因此胎圈钢丝一般选择直径较小的钢丝。从 20 世纪八九十年代对国外轿车子午线轮胎剖析的结果看, 多使用直径 0.90~1.00 mm 的钢丝(米其林公司轮胎胎圈钢丝直径较大, 一般为 1.3~1.5 mm)。近几年来, 国外各轮胎公司的轿车子午线轮胎胎圈钢丝的直径均有所增大, 目前一般都在 1.30 mm 左右。

国外轿车子午线轮胎胎圈钢丝不仅直径有所增大, 质量也有所提高。一般而言, 直径较小的金属线材抗拉强度较高, 直径越大, 抗拉强度越低。但从国外轿车子午线轮胎的剖析中可以看到, 胎圈钢丝直径在不大于 1.00 mm 时, 抗拉强度为 2 000 MPa 左右; 而当胎圈钢丝直径在 1.30 mm 左右时, 抗拉强度均在 2 000 MPa 以上, 好的会达到 2 200 MPa 左右。这充分说明, 国外轮胎的胎圈钢丝质量也在不断提高。

随着轮胎生产技术的进步, 近年来, C3M 技术在一些轮胎公司得到应用, 钢丝圈和胎圈钢丝伴随其应用也发生了较大的变化。C3M 技术以单丝直径较大的钢丝帘线替代单根钢丝。目前, 根据轮胎规格和厂家的不同, 使用的胎圈钢丝帘线规格主要有 $2+7\times 0.35$, $4+9\times 0.34$ 和 $1\times 0.3+6\times 3\times 0.3$ 等。

在钢丝镀层方面,胎圈钢丝目前还是以镀青铜为主,在以 C3M 技术生产的轮胎中,胎圈钢丝帘线镀的是黄铜。目前在米其林公司生产的轮胎中,有一些使用的是截面为圆形的编织型钢丝圈,这种钢丝圈使用的钢丝表面镀了一层非常薄的锌。

1.2 载重子午线轮胎

载重子午线轮胎的胎圈钢丝变化较轿车子午线轮胎小。自国外轮胎剖析以来,载重子午线轮胎胎圈钢丝的直径保持在 1.3~1.6 mm 之间,基本没有变化。但最近几年,随着载重子午线轮胎规格的加大和载质量的提高,直径 1.8 mm 左右的胎圈钢丝也在国外轮胎中得到应用。根据理论计算,钢丝圈的抗弯刚度与钢丝根数成反比,与钢丝直径的平方成正比。在相同截面积和形状的钢丝圈中,使用直径 1.83 mm 的钢丝比使用直径 1.55 mm 的钢丝抗弯刚度提高 39%。这会提高胎圈与轮辋的相对稳定性。同理,抗拉强度也有类似的结论^[1]。

直径 1.8 mm 的钢丝之所以在轮胎中使用得多起来,是因为近年来各公司都在投产无内胎载重子午线轮胎,而其胎圈直径较大(22.5 英寸),这为大直径钢丝的使用提供了方便。但更主要的是随着材料工业的发展,大直径钢丝的强度也有了保障。载重子午线轮胎胎圈钢丝的强度一直在不断提高。日本普利司通公司载重子午线轮胎胎圈钢丝抗拉强度变化见表 1。

表 1 日本普利司通公司载重子午线轮胎胎圈钢丝抗拉强度变化

年份	轮胎规格	胎圈钢丝直径/mm	抗拉强度/MPa
1992	11.00R20	1.55	1 781.7
1999	8.5R17.5	1.60	1 886.4
2002	11.00R20	1.55	2 038.7
2012	295/80R22.5	1.86	1 825.5

此外,为提高钢丝圈的形状稳定性,米其林和倍耐力等公司开发了矩形钢丝。在此类钢丝制成的钢丝圈中,相邻钢丝之间的空隙较小,可以减少滑动,提高钢丝圈的强度,改善胎圈的稳定性。近几年来,米其林公司较大规格轮胎的胎圈钢丝基本都是采用矩形钢丝。

载重子午线轮胎胎圈钢丝的镀层基本还是青

铜镀层,但矩形钢丝表面镀的是锌,且镀锌量较小,一般为 0.01%~0.02%。

2 钢丝圈

2.1 轿车子午线轮胎

轿车子午线轮胎由于尺寸和负荷相对较小,钢丝圈的形状也比较简单,以矩形为主,通常是将几根钢丝排成一排缠绕制成。这样的钢丝圈一般用于规格不是很大的轿车子午线轮胎。在低断面大规格轿车子午线轮胎中,钢丝圈的形状基本是六边形,例如倍耐力 275/35ZR19 轮胎采用的就是由 $\Phi 1.28$ mm 钢丝制成的六边形钢丝圈。近几年,日本普利司通公司的轿车子午线轮胎钢丝圈虽然还是矩形,但已不是由一排钢丝缠绕而成,而是用单根钢丝缠绕而成。

米其林公司轿车子午线轮胎的钢丝圈与其他公司都不同。20 多年来,米其林公司轿车子午线轮胎的钢丝圈基本都是圆形(如图 1 所示)。这种钢丝圈中心是一根直径比较大(2 mm 以上)的钢丝焊接而成一个圈,外面用较细的钢丝缠绕在中心钢丝上。整个钢丝圈的断面是一个规则的圆形。这种钢丝圈由于是由单根钢丝缠绕在中心钢丝上,使用整体性非常好,在轮胎成型和硫化等工艺过程中不会产生变形。生产这类钢丝圈的钢丝表面一般镀有非常薄的一层锌。



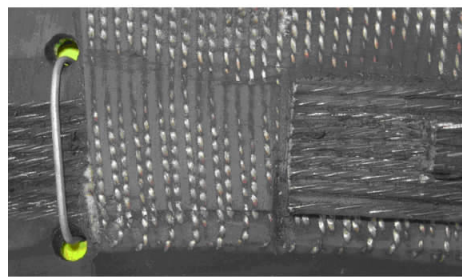
图 1 米其林轿车子午线轮胎圆形钢丝圈

米其林公司轿车子午线轮胎的另一种钢丝圈是由单丝直径较大的钢丝帘线制成的,主要用于 C3M 法生产的轮胎中。从轮胎的断面看,钢丝圈钢丝呈纵向排列,根据轮胎规格的不同,排列的列数和每列的钢丝根数有所不同。倍耐力等公司也

有采用 C3M 方法生产的轮胎,其钢丝圈的结构也是如此,如图 2 所示。



(a)



(b)

图 2 C3M 方法生产的轮胎钢丝圈

2.2 载重子午线轮胎

六边形钢丝圈是目前载重子午线轮胎中应用最广泛的钢丝圈。它的特点是强度高、制造简便、生产效率高。特别是对无内胎轮胎,可保证胎圈底部接触面与轮辋曲线良好地配合。正六边形钢丝圈主要用于有内胎载重子午线轮胎,如图 3 所示。而斜六边形钢丝圈主要用于无内胎载重子午线轮胎^[2],如图 4 所示。

在正六边形钢丝圈的应用中,由于钢丝圈底边较宽,在胎体帘布反包时,胎体钢丝帘线与钢



图 3 正六边形钢丝圈



图 4 斜六边形钢丝圈

圈之间的间隙较大,而在这部分材料中,钢丝帘线与钢丝圈挂胶都很少,没有足够的胶料填充其间隙,使该部位胶料的密度相对较低,极易发生破坏。为解决这一问题,有些公司采用非对称的六边形钢丝圈,即六边形的底部变窄,减小反包的胎体钢丝帘线与钢丝圈之间的间隙。例如韩泰 315/80R22.5 轮胎,虽然是无内胎载重子午线轮胎,但使用的是非对称的六边形钢丝圈,其结构为 8+9+10+11+10+9+8+7,钢丝直径为 1.62 mm。正新 12.00R20 矿山用载重子午线轮胎钢丝圈结构为 7+8+9+10+9+8+6+5,钢丝直径为 1.60 mm,如图 5 所示。



图 5 非对称六边形钢丝圈

无内胎载重子午线轮胎多采用斜六边形钢丝圈,其截面是扁六边形,由于无内胎载重子午线轮胎的轮辋角度大,使扁六边形钢丝圈发生倾斜。这可以提高胎圈的支撑强度,减小胎圈部位的变形。国外大多数轮胎公司都是采用这种用法。在较早期的轮胎剖析中还可以见到一些公司采用 U 形或圆形截面的钢丝圈。这些钢丝圈可以最大程度地实现胎体帘布反包平滑,过渡均匀,减小帘线的应力集中。但这些钢丝圈(包括六边形钢丝圈)都是采用单根钢丝缠绕的方法制成的,钢丝之间相互平行,呈线接触。钢丝圈在成

型、硫化等工艺过程中易产生变形,达不到预期效果。

为了提高载重子午线轮胎钢丝圈的稳定性,米其林和倍耐力等公司开发了矩形截面的钢丝。从解剖的轮胎看,钢丝的截面形状有矩形、平行四边形等由矩形演变的多种形状。矩形钢丝的规格多为 $2.0\text{ mm} \times 1.3\text{ mm}$ 。矩形钢丝表面不镀铜,采用镀锌处理,镀锌量约为 $0.2\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

矩形钢丝制成的钢丝圈为矩形或平行四边形,它由一排钢丝缠绕而成,如图6所示。制造矩形钢丝圈时,钢丝表面不覆胶,而是直接用光面钢丝缠绕,然后用薄钢片捆扎制成钢丝圈。钢丝圈的规格与轮胎的规格、负荷指数等参数相关。米其林 315/80R22.5 轮胎钢丝圈规格为 9×6 ,而 295/80 R22.5 轮胎钢丝圈规格则为 8×6 。



图6 矩形钢丝圈

由矩形钢丝制成的钢丝圈各层钢丝乃至同层相邻钢丝之间均为平面接触,钢丝之间没有胶料且捆扎牢固,当受到外力作用时,钢丝之间没有可供变形的空间,各层钢丝受力均匀。胎圈对轮辋的箍紧力稳定,在车辆行驶过程中,能够有效地传递车辆的动力,极大地减小了胎圈部位的疲劳,提高了轮胎的使用寿命。

米其林公司在载重子午线轮胎中除了矩形钢丝圈之外,另一种广泛应用的钢丝圈是截面为圆形的钢丝圈,如图7所示。这种钢丝圈与轿车子午线轮胎钢丝圈一样,也是在中心粗钢丝上用细钢丝缠绕而成。与轿车子午线轮胎钢丝圈不同的是,载重子午线轮胎的钢丝圈层数更多,直径更大。例如米其林 14.00R20 轮胎钢丝圈断面结构



图7 米其林载重子午线轮胎圆形钢丝圈

为 $1 \times 5.0 + (10 + 16 + 22) \times 2.0$ 。这种钢丝圈具有圆形和U形钢丝圈的所有优点,同时由于钢丝圈在加工时钢丝表面不挂胶以及每层钢丝缠绕的方向不同,使钢丝圈结构稳定,不易变形,完全能够达到设计要求。

3 钢丝圈包胶

钢丝圈在加工时,通常在钢丝表面挂一层很薄的胶。这样在缠绕钢丝圈时钢丝之间通过胶料粘结在一起。钢丝圈制成后外面经常会包一层织物——钢丝圈包布或用纤维帘布缠绕,进一步固定钢丝圈的形状。但这样也限制了胶料的流动,造成钢丝圈底部与反包钢丝帘布之间胶料的密度较小。

为解决这一问题,国外轮胎公司采用薄胶片替代钢丝圈包布缠绕钢丝圈,不仅保证了该部位有足够的胶料,同时解决了由于矩形钢丝圈和圆形钢丝圈都是由裸钢丝制成、表面没有挂胶所带来的粘合等问题。采用此类钢丝圈的轮胎既能保证钢丝圈结构和形状的稳定,又能克服使用中的弊端。

随着轮胎技术的发展,由裸钢丝制成的钢丝圈外包胶也在发生着变化。从剖析的结果看,钢丝圈外包胶比较硬,体积也比较大,从断面看像一个带有骨架的胶芯。胶芯由于具有较高的硬度和较大的体积,在很多轮胎中已取代了下三角胶。在胎圈部位,上三角胶直接坐在钢丝圈胶芯上。这种胶芯结构的钢丝圈除了矩形、圆形由裸钢丝制成的钢丝圈外,在正六边形钢丝圈中也有使用,例如东洋公司 275/70R22.5 轮胎就采用这种形

式的六边形钢丝圈,如图 8 所示。



图 8 下三角胶芯

横滨展出新矿山用轮胎

中图分类号:U463.341⁺.5 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013 年 9 月 5 日报道:

2013 年 9 月 11—13 日,横滨轮胎公司在位于西弗吉尼亚州布卢菲尔德的布卢菲尔德煤炭展上展出两款新矿山用轮胎,规格分别为 Y20 和 Y67(见图 1)。



图 1 横滨 Y67 矿山用轮胎

Y20 39×15×20 重型轮胎具有 36 层帘布层,是理想的挖掘机和高承载能力煤炭货车 39 英寸高轮胎,横滨轮胎公司工程机械轮胎销售总监 Tim Easter 称。

为了使 Y20 轮胎具有更好的耐久性能和室内转鼓试验性能,其还允许将 15 英寸轮辋替换为 20 英寸轮辋。这可促进行驶时刹车温度降低。Y20 轮胎为大型往复式车辆降低底盘而研发,使其进入更深的煤层,同时提供巨大的承载能力。

Y67 44×15×20 硬胎面轮胎具有 36 层帘布层,适用于大型往复式车辆,可提供优异的承载能

4 结语

以上分析了近 20 年来国外轮胎在钢丝圈和胎圈钢丝方面的发展变化,反映了国外轮胎从材料到设计方面的进步,希望能够对我国的轮胎行业有所帮助。

参考文献:

- [1] 高升日,张勇,赵鹏飞,等. 矿山用整体刚性圈全钢载重子午线轮胎的研发[J]. 轮胎工业,2013,33(4):205-212.
- [2] 俞淇,丁建平,张安强,等. 子午线轮胎结构设计与制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006:146.

第 7 届全国橡胶工业用织物和骨架材料
技术研讨会论文(二等奖)

力而无需更换轮辋。其较宽的接地印痕可改善驾驶性能和延长使用寿命。

(肖大玲摘译 吴淑华校)

锦湖在全球建立第 5 家研发中心

中图分类号:U463.341 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013 年 9 月 10 日报道:

锦湖轮胎有限公司于 2013 年 9 月 3 日在韩国首都首尔地区建立了一家新的研发中心,该中心耗时 5 年完成。

新研发中心包括一个研究大楼和一个测试工厂,位于韩国龙仁市 Giheung-gu 区,占地面积约为 34 873 m²,总建筑面积为 22 823 m²。

该研发中心将作为锦湖全球研发网络的中央控制塔,其他研发中心为:美国俄亥俄州的锦湖轮胎美国技术中心;德国法兰克福的锦湖轮胎欧洲技术中心;中国天津的锦湖轮胎中国技术中心;韩国光州的锦湖轮胎性能中心。

新研发中心将主要负责所有基础研究和产品开发。现有的韩国光州研发中心已经变成了成品性能评价和质量监测中心。

锦湖轮胎加强研发网络的战略是锦湖韩亚航空集团董事长 Park Sam-Koo 的主意。锦湖公司称,利用临近首尔地区的优势,促进新产品的开发和核心技术研究,这些将帮助锦湖公司提高全球竞争力,以满足海外市场的需要。

(肖大玲摘译 吴淑华校)