

# 浅谈载重斜交轮胎的优化设计

武 玺

(双喜轮胎工业股份有限公司,山西 太原 030006)

**摘要:**分析了载重斜交轮胎设计的现状和使用过程中出现胎肩脱空、胎侧脱层和胎圈损坏等质量问题的原因,并根据系统化、系列化的指导思想和“精其肩足,壮其筋骨,空薄其身,苦其肌肤”的原则,提出了载重轮胎优化设计的思路,并从施工设计和配方设计等方面提出具体的实施意见。

**关键词:**载重斜交轮胎;优化设计;系统化;系列化

**中图分类号:**U463.341+.3;TQ336.1

**文献标识码:**B

**文章编号:**1006-8171(2001)08-0457-04

随着汽车工业和公路建设的迅猛发展,轮胎市场对轮胎性能的要求也越来越苛刻。“超载”、“高速”、“耐久”是当前轮胎市场对轮胎性能要求的总体概括。进一步提高轮胎的使用性能以适应市场要求是轮胎市场的需要,也是轮胎企业自身生存和发展的需要。

多年来,轮胎行业根据市场需求和产品出现的质量问题,在调整轮胎结构和配方及控制工艺等方面做了大量的工作,收到了一定成效。但近年来,随着使用条件的变化,使用要求越来越苛刻,对轮胎整体性能的要求也越来越高,以前解决问题的方法基本上属于“头痛医头,脚痛医脚”,往往在解决问题的同时又带来新的问题。因而,无法满足市场要求。

为适应市场的不同需求,各轮胎生产厂家不断开发出新的载重斜交轮胎系列产品,对轮胎进行全面、系统的优化设计成为研究热点。针对轮胎现阶段在使用中出现的早期质量问题和产品设计本身存在的误区,对设计进行优化,解决现存的主要质量问题,使产品整体性能提高,已成为研究工作的重点。对轮胎设计工作者而言,转变工作方法和固有的思维定势,真正理解轮胎是各部件组成的有机整体,善于把分析和综合辩证地结合起来也是非常重要的。

**作者简介:**武玺(1959),男,山西阴县人,双喜轮胎工业股份有限公司高级工程师,学士,主要从事轮胎配方设计及技术管理工作。

## 1 产品优化设计的指导思想

### 1.1 系统化

系统化思想又称整体性思想,即要求设计人员从整体出发,从整体与部分、部分与部分之间的相互联系、相互制约中,利用分析和综合的方法择取最好的方案,以达到最佳的处理效果。具体反映在产品设计或问题的解决中就是对设计的整体进行构想和优化。

根据目前载重斜交轮胎使用特点进行分析。一位从事轮胎设计的前辈曾经说过,现阶段轮胎设计要“精其肩足,壮其筋骨,空薄其身,苦其肌肤”。这一原则实际上体现了斜交轮胎设计的系统化思想,可以认为是实践经验和理论基础有机统一的高度概括。“精其肩足”指出了载重斜交轮胎最易发生破坏的部位是胎肩和胎圈部位,并提出了这两个部位的设计关键在于一个“精”字;“壮其筋骨”强调了载重斜交轮胎的主要受力部件(胎体骨架材料)及其设计原则;“空薄其身”指出了减薄胎体、减小轮胎质量是提高轮胎耐久性能的必然途径;“苦其肌肤”是指在目前轮胎使用条件下,特别是严重超载的条件下,胎面所承受的负荷和对胎面性能的苛刻要求。全面、正确地理解这一思想的深刻内涵,是产品优化设计的关键。如果片面夸大其中的任何一条原则,或者将其孤立起来,都将造成严重后果和不必要的成本浪费。

在此基础上,笔者还认为必须强调将“削弱

端点应力”和“强化配方作用”作为载重斜交轮胎设计的原则。

## 1.2 系列化

理论和实践证明,使用条件不同,轮胎的受力形式和破坏方式不尽相同。在轮胎设计上,“以不变应万变”是不经济的也是不科学的。根据市场细分,开发适销对路的系列化产品是现实可行的。在轮胎产品系列化的过程中,要根据系统化思想在满足产品性能的基础上,有目的地实施“轻量化”,这是轮胎(特别是载重斜交轮胎)本身的必然要求。

综上所述,系统化和系列化思想应是目前载重轮胎设计的中心指导思想。

## 2 轮胎早期损坏的特征

现阶段轮胎的早期损坏花纹磨损一般在3 mm以下,损坏集中表现为胎肩脱空、胎侧脱层和胎圈部位损坏(见图1)。

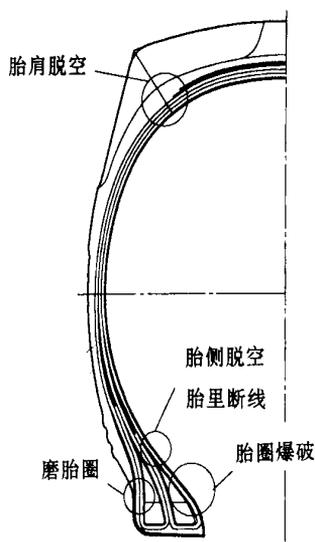


图1 轮胎主要损坏形式及其位置

### 2.1 胎肩脱空

胎肩脱空的轮胎,其问题主要集中于轮胎胎肩,外观可见明显的鼓包。

### 2.2 胎侧脱层

经解剖,胎侧脱层部位主要集中于第1和第2层帘布层之间,其周向位置在反包端点,有时出现内层帘线断裂现象。

## 2.3 胎圈损坏

胎圈部位的损坏主要有如下形式。

### (1) 磨胎圈

胎圈包布、胎体正包帘布经过轮辋轮缘的径向磨损,使胎圈包布、正包帘布磨损断裂,有时磨损部位正反包帘布之间脱空,磨损长度最大时可达200 mm。解剖显示:磨损部位外侧钢丝圈底部材料较多,说明内外钢丝圈存在错位。

### (2) 胎圈爆破

胎圈爆破主要是集中于胎圈内侧第1#帘布筒断裂,且与内侧钢丝圈脱离,并裸露在外,破裂长度为80~200 mm,其周围材料已变硬发脆,并经常伴有钢丝圈发蓝和内外钢丝圈错位现象。

### (3) 胎里断线

胎里断线多发生在对应于三角胶上部或反包端点处的最大变形区域处,第1层帘布层局部周向断裂。

综观这些质量问题,都不是彼此孤立的,而是有机联系的。一方面,在载荷的作用下,这些问题相应的部位设计不尽完善或难以满足特殊的使用条件,而使得此部位应变增大,造成硫化胶(因热、疲劳的作用)的应变能下降,而不足以满足对应变能的要求时,出现脱层断裂等缺陷。另一方面,不同质量问题之间有着相应的依赖性,如肩部与胎圈部位的问题就有很强的相互依赖性。因此解决这些问题应采用分析和综合的方法,充分掌握问题之间的联系,找出解决问题的关键。

## 3 产品优化设计的具体实施意见

轮胎的优化设计(或新产品开发)是模拟轮胎在不同使用条件下的力学形态进行的基础研究,通过分析轮胎在各种使用条件下各部位的应力-应变(或应变能),为轮胎的技术设计、配方设计、施工设计提供方向和依据。目前,国内对轮胎的基础研究工作仍处于水平相对较低阶段,远远落后于西方发达国家。面对目前严峻而复杂的轮胎使用条件,特别是对于严重超载

的轮胎设计,主要是通过经验、室内模拟试验来推测整体轮胎的应力-应变,这些都是经验的体现。至于各部位的精细的受力形式和应变特点研究则仅仅是依靠分析推测或直觉经验,将其进行综合并付诸实施,并通过实际试验、使用,以验证分析和推测的正确性,逐步形成独特的轮胎设计“理论”。因此要求轮胎设计工作者提高对轮胎的认识,转变固有的思维定势,真正理解轮胎不同部位、部件之间是有机的整体。

### 3.1 受力特点分析

高速、载重系列轮胎的使用条件不同,受力变形特点不同,破坏方式和破坏部位不同。高速耐久型轮胎受力小,其应变主要集中于冠肩部位,但变形频率高,其主要破坏方式是冠空和肩空,破坏实质属热积累下硫化胶应变能下降的疲劳破坏;载重轮胎的破坏主要是由于负荷大,在应力的作用下,一些部位的应变过大。此外,工艺过程的制造精度差,加剧了应变,使破坏方式表现为多种形式,因此二者的设计思路和方法有所不同。

### 3.2 实施意见

#### 3.2.1 胎肩和胎圈部位的设计

轮胎的胎肩和胎圈(包括下胎侧)分别是轮胎在不同载荷状态下应变能相对最大的部位。对于胎肩部位的应变能,各种不同资料对比均有相应的定性说明。而胎圈部位在大负荷的作用下,一方面负荷通过轮辋作用于胎圈底部,并通过底部的胎圈包布、反包帘布层等使应力传递于钢丝圈,从而对钢丝圈的直径、相应的胶料配方、制造质量提出更高的要求。另一方面在负荷的作用下,断面宽增大,下胎侧部位应变增大,而此部位正是由刚性变形逐渐转变为弹性变形的部位,若此部位材料过渡不均匀,易造成应力集中突变,使相对于此部位的反包端点产生较大的应变能。因此,根据不同系列的轮胎的受力分析,采取相应的措施。

对于高速耐久型轮胎的胎肩和胎圈部位的材料布置,应尽可能沿内轮廓均匀过渡,在一定范围内保持断面水平轴上下的材料对称分布,以使轮胎在使用过程中内轮廓尽可能趋于圆形,避免应力集中;对于载重轮胎,则应着重考

虑增大各部位(特别是下胎侧)的刚度,减小胎体变形,并合理控制最大变形位置。同时尽可能地使层间帘布达到同步变形,削弱其层间剪切应力,以适应大负荷作用下不同部位的应变。在胎肩和胎圈部位相对难以处理的是缓冲端点和反包端点,它们都是游离端点。前者主要是为了吸收能量和分散应力;后者则是为了使胎圈部位下胎侧材料过渡均匀,从而使应变过渡均匀,避免造成应变突变。多年来,对于“削弱端点应力”,特别是缓冲端点,以解决肩空问题,人们做了大量的工作,也取得了一定的成效。反包端点位置是一个非常敏感的问题,应根据轮胎的具体使用要求设置。根据轮胎的承载情况,真正做到下胎侧材料过渡均匀、刚性过渡均匀,以保证下胎侧各帘布层的变形趋于一致,从而保证其帘布反包游离端点与相邻帘布层达到同步变形。同时在满足胶料-尼龙帘线和胶料-钢丝粘合强度的前提下,尽可能地减小覆胶量,任何多余量的覆胶均会增大应力作用下的应变,增大生热、降低轮胎寿命。

#### 3.2.2 胎体结构的设计

“壮其筋骨”、“空薄其身”是对轮胎胎体设计最好的解释。对于相对负荷较大的轮胎,通过胎体“筋骨”强度的提高可限制轮胎在大负荷作用下的胎体变形、减小下沉量,从而达到降低下胎体区域变形的目的,使反包端点所受的应变能减小。但“壮其筋骨”并不意味着增大胎体层数,增大胎体层数必然会导致新的问题的出现。因此,无论对于任何类型的轮胎,均应在保证胎体强度的基础上,尽可能地减小胎体厚度。对于负荷相对较大的轮胎,可通过在层数不变的条件上使用加密帘布或使用高旦数帘线(存在的问题是端点截面积和层间剪切应变能较大)来达到“壮其筋骨”之目的。是否可以预言,采用某种 1400dtex/3 帘线结构低于 9 层 1400dtex/2 加密帘线的轮胎,如果其胎体强度达到或接近 9 层 1400dtex/2 帘线胎体水平,并且配方水平和制造工艺均满足其要求的条件下,前者的轮胎无论从质量和效益上必定优于后者。此外,在对轮胎“壮其筋骨”、“空薄其身”的基础上,应该重视帘线假定伸张值、胎冠角的

选择。在目前公认的假定伸张值取值范围内,超载轮胎的假定伸张值和胎冠角的取值应稍小于高速轮胎,这是轮胎的使用条件所决定的,目的是适应轮胎在负荷作用下对胎体变形的要求。

### 3.2.3 配方设计

在实施“精其肩足、壮其筋骨、空薄其身、削弱端点应力”时,必然对胶料的性能提出更高的要求,否则必将会出现新的质量问题,因此必须“强化配方作用”。在研究主体胶料在轮胎中的作用时,除了特定部位胶料具有特定的性能外,可以抽象地概括为,胶料的主要性能要求是为了提供给相应部位必要的应变能和应变能保持率。因此,在配方设计中,可根据不同部位应变能的要求,决定各种不同胶料的性能设计。如胎面应在满足耐磨、抗撕裂等性能的条件下,降低定负荷下的应变;胎肩、缓冲层具有特殊的吸收能量的作用,在设计上应具有相对较高的应变能;胎体胶料在满足胶料-尼龙帘线粘合强度的条件下,应适当提高定应变下的应力;钢丝挤出胶因其应变相对很小,只需满足胶料-钢丝粘合强度即可;而对于三角胶特别是用于负荷相对较大的轮胎,因其应变介于胎体胶料和钢丝挤出胶之间,在设计上必须给予相当的重视。对于提高应变能保持率,应从降低生热、提高耐热性和耐疲劳性着手。胶料的上述性能对配方设计、原辅材料、设备测试手段提出更高的要求,这是轮胎发展的需要。

除满足胶料上述性能要求外,对于各部件之间胶料的硫化起始时间、硫化速度的匹配也和胶料之间粘合强度、应变进行综合考虑。

### 3.3 优化设计中配方与技术设计的关系

技术(施工)设计的目的除满足轮胎所具有的性能外,就是降低和适应在负荷作用下各部位的应变能;而配方设计的目的则是提供各部位所必需的应变能。因此,可以认为优良的配方水平和适宜的胶料性能可补偿施工设计或技术设计及其工艺制造过程的不完善部分,同样,完善的施工设计或技术设计可以降低对胶料性能的要求。因此,配方设计与技术(施工)设计是相互联系、相互依存、相互制约的,只有二者之间相互提高并作用于轮胎中,才能得到真正意义上的设计和谐美、合理美、统一美。

## 4 结语

载重斜交轮胎目前所面临的问题是市场经济发展过程中的必然结果。我们必须根据现阶段轮胎的使用特点和问题,利用分析和综合的方法,对轮胎各个部位出现的各种问题加以分析,了解问题的特点,把握内在的规律,并在此基础上进行综合,从整体上认识和把握轮胎及其相应的问题,使问题的本质和内在联系充分地再现,从而找出具体的解决办法。

随着市场经济的不断完善成熟,轮胎使用的规范以及高等级公路的增加,轮胎超载必将得到缓解,对轮胎将会提出新的要求,高速、耐久、节能、安全、低噪声等将是轮胎发展的必然。满足上述要求的载重子午线轮胎在短期内其市场占有率仍相对较低,我们只有在载重斜交轮胎质量得到控制并稳步提高的基础上投入相当的资源去接受新的挑战,才能争取主动。对此,我们必须有清醒的认识。

第11届全国轮胎技术研讨会论文

## 倍耐力在德英选择 MIRS 新厂址

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

英国《国际轮胎技术》2001年1期5页报道:

德国布罗伊贝格和英国特伦河畔伯顿已被倍耐力选为其第2和第3家采用MIRS(Modular Integrated Robotised System)技术轮胎厂的厂址。布罗伊贝格厂预计未来5年将投资1亿

美元,厂房建筑面积15531m<sup>2</sup>,设立12条MIRS生产线。该厂雇员人数为200人,满负荷年生产能力将达到150万条超高性能轮胎。倍耐力还将在美国和远东建立两家采用MIRS技术的轮胎厂。有关英国MIRS厂的细节尚未透露,但是5月份该厂将生产出MIRS工艺制造的轮胎。

(涂学忠摘译)