

多股钢丝帘线初始伸长的有限元评估

Takashi FUJITA, Shoichi OOHASHI, Toshimi TARUI
(Bar & Wire Rod Research Lab, Steel Research Laboratories 20-1 Shintomi, Futtsu, Chiba 293-8511, Japan)

中图分类号: TQ330.38⁺9; O241.82 文献标志码: B 文章编号: 1006-8171(2014)10-0605-04

当拉伸一个包含多个元件的结构件时,会产生初始伸长,在许多制造过程中,初始伸长的影响显著。在轮胎生产过程中,嵌有钢丝帘线的胎坯放置到花纹模腔中进行压制,以得到相应的胎面花纹。在此过程中,橡胶中的帘线被拉伸。因此,生产过程中轮胎中的帘线会有约百分之几的初始伸长。然而,轮胎制成后,帘线不会出现初始伸长。近几年来,轮胎帘线捻制的方式呈现多样化和复杂化,因而难以预测和控制轮胎帘线的初始伸长。

本工作进行了有限元分析,以评估是否有可能预测帘线的初始伸长而不需要实际捻制钢丝帘线。主要参考了有关帘线弯曲变形过程中的应力分析,以及帘线捻制过程中变形、应变和应力分析的研究。

1 试样和试验程序

直径为 0.11 mm 单丝的应力-应变曲线如图 1 所示。将单丝捻制成捻距为 1.15 mm 的 1×4×0.11 股线,然后做拉伸试验;进而再捻制成 5×4×0.11 多股帘线,再进行拉伸试验。

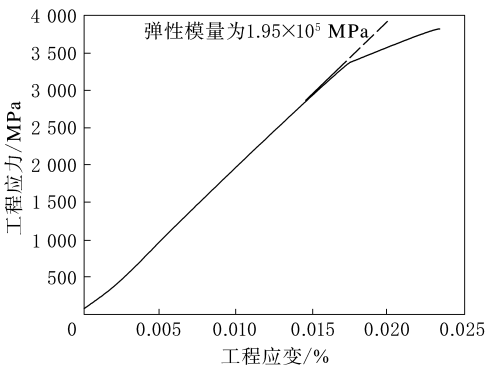


图 1 单丝的应力-应变曲线

图 2 所示为捻距为 1.15 mm 的 1×4×0.11 股线的有限元分析模型,用于研究初始伸长的产生。图 3 所示为股线捻距为 1.42 mm、帘线捻距为 2.8 mm 的 5×4×0.11 帘线有限元分析模型,用于验证拉伸试验结果。不同结构钢丝帘线试验和计算结果见表 1。使用自开发软件对每股的形状进行设计,应用 Marc 完成有限元分析计算。

每一根单股的两端被束缚,通过位移控制节点 A 作为一端的束缚位置,另一端通过位移控制

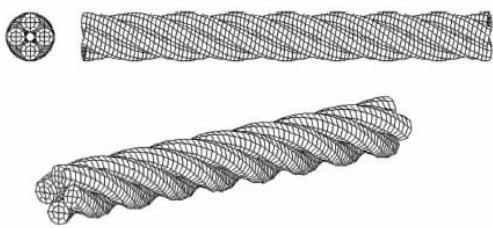


图 2 1×4×0.11 股线有限元分析模型

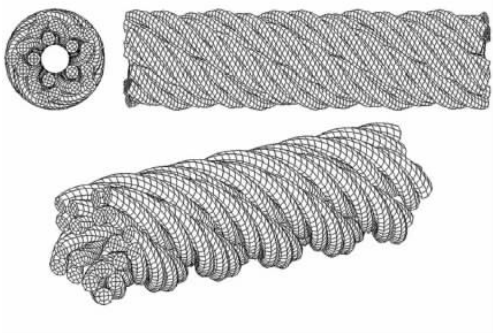


图 3 5×4×0.11 帘线有限元分析模型

表 1 不同结构钢丝帘线试验结果

试样 编号	股线捻距/ mm	帘线捻距/ mm	初始伸长率/%	
			测定	计算
a	1.42	3.5	3.0	3.2
b	1.42	2.8	3.5	4.2
c	1.15	2.3	4.1	4.4

节点 B 施加轴向位移。初始端的法向矢量与帘线轴线之间形成一定的角度,因为这个角度在帘线延伸时会减小,帘线端部可自由旋转。图 2 和 3 所示 4 股、20 股模型的每一股都设定了相同的条件,并且位移控制节点 B 处的位移和负荷都进行了取样。

实际试样考虑了加工硬化以及在捻制过程中由于塑性变形产生的残余应力。但是,本研究中有有限元分析的目的是评估低应力下的初始拉伸,是不考虑初始应力和应变情况下进行的弹性分析。计算中的材料常数弹性模量和泊松比分别为 1.95×10^5 MPa(见图 1)和 0.3,股之间的摩擦因数假设为 0。

2 结果与分析

2.1 $1 \times 4 \times 0.11$ 股线

$1 \times 4 \times 0.11$ 股线的拉伸试验和有限元分析结果如图 4 所示。首先采用紧密缠绕的股线进行有限元计算。由于该模型未显示任何初始伸长,因此建立另一松散缠绕的股线模型,其计算与测定结果之间一致性良好。显而易见,股线之间的间隙是证明初始伸长的必要条件。

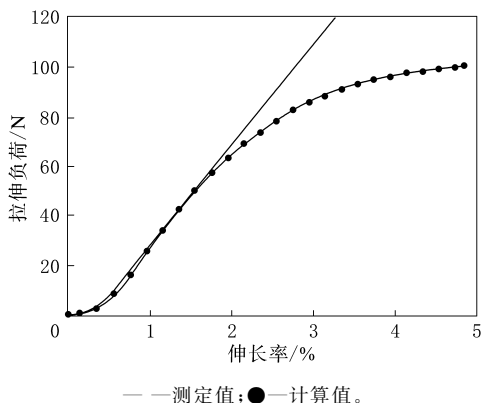


图 4 $1 \times 4 \times 0.11$ 股线拉伸负荷-伸长率曲线

假设在初始伸长时,股线变形且相互之间无束缚,图 2 中模型被解捻后如图 5 所示。计算依据假定拉伸时每根股线之间互不接触。计算结果(图 4)中初始伸长部分的局部放大如图 6 所示,图中简单弹簧线是图 5 中模型获得的计算结果。在初始伸长区域,可以使用简单弹簧模型预估初始伸长。

尽管在上述情况下计算值比测定值大 0.2%~

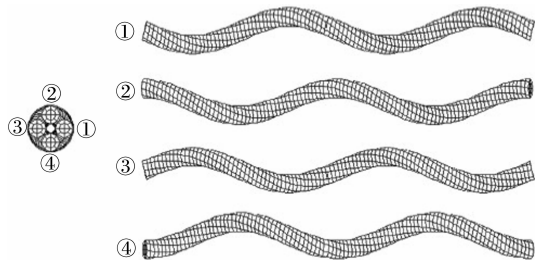
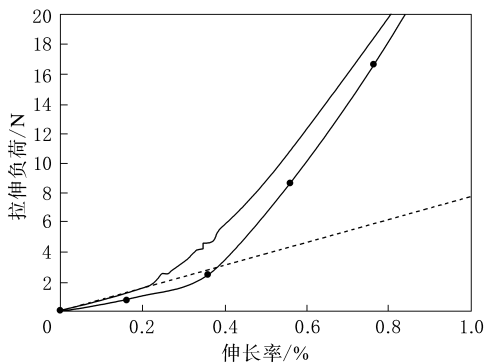


图 5 $1 \times 4 \times 0.11$ 股线解捻后简单弹簧模型



—测定值;●—计算值;---弹簧线。

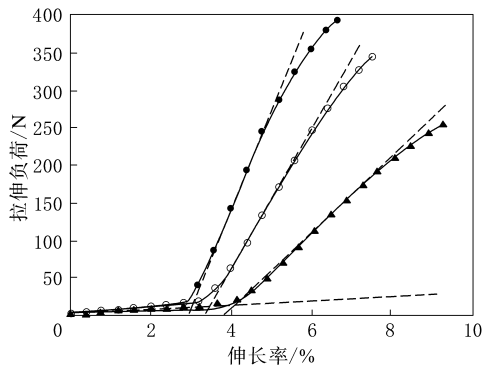
图 6 $1 \times 4 \times 0.11$ 股线拉伸负荷-伸长率曲线局部放大 1.0%,但是两者匹配良好。测定与计算结果在 1.0%~1.8% 的弹性伸长区域几乎重叠,这表明计算的初始伸长与弹性伸长之间存在一个过渡区域。对过渡区域的研究发现,股线之间为点接触时,初始伸长计算值为 0~0.2%;点接触数上升时,初始伸长计算值为 0.2%~1.0%;当股线之间部分线接触时,初始伸长计算值继续增大。在弹性伸长区域股线完全接触时的初始伸长为 1.0%~1.8%。上述过渡区从测定值中几乎无法识别。因此,在测量过程中假设从点接触到完全接触迅速变化。

本研究的有限元计算使用两种捻距模型,比拉伸试验使用的实际试样要短一些。因此推测试样边缘束缚条件可能对计算结果有影响。

2.2 $5 \times 4 \times 0.11$ 帘线

$5 \times 4 \times 0.11$ 帘线试样的拉伸试验结果见图 7。由图 7 可见,试样 c 的初始伸长最大,其次是试样 b 和 a,说明了弹性伸长阶段弹性模量的递减趋势。

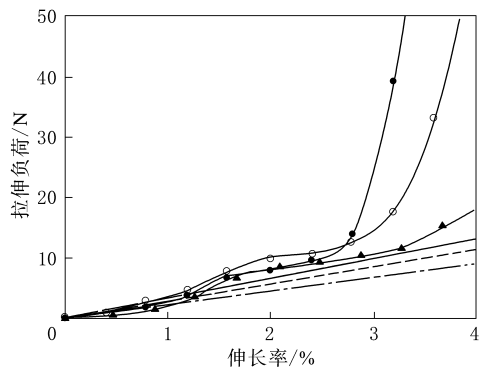
首先,为确认使用简单弹簧模型再现初始伸长过程中弹性模量的可能性,以上模型均拆分成股线,且有限元分析计算时假设其拉伸时彼此



●—试样 a;○—试样 b;▲—试样 c;---弹簧线。

图 7 $5\times 4\times 0.11$ 帘线拉伸负荷-伸长率曲线

之间未接触,计算结果见图 8。显然,尽管测定值比计算值稍大,但是使用简单弹簧模型预测初始拉伸过程中多股帘线的弹性模量是可行的。



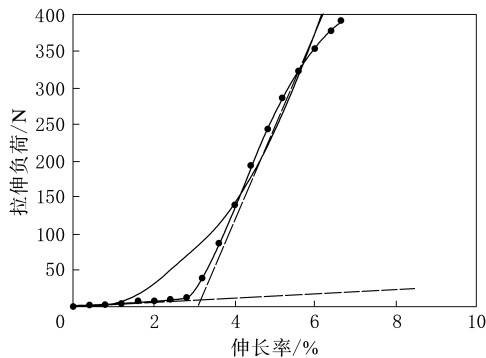
●—试样 a 测定值;○—试样 b 测定值;▲—试样 c 测定值;——试样 a 计算值;---试样 b 计算值;---试样 c 计算值。

图 8 试验结果与使用简单弹簧模型计算结果的对比

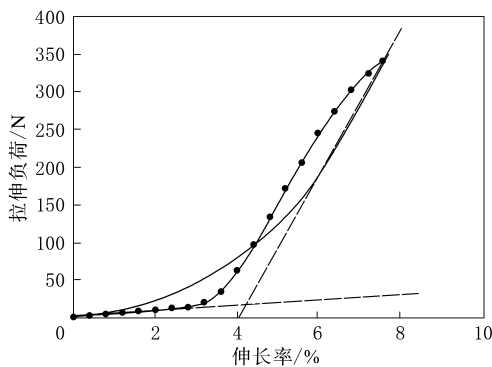
然后,将拆分的股线重新缠绕成多股帘线,计算其伸长率,结果见图 9,图中有 2 条辅助线,低弹性区域的辅助线依赖简单弹簧模型的弹性模量,而高弹性区域的辅助线,即多股线模型的弹性模量几乎呈线性。两条辅助线之间的交点即设定为通过计算得到的初始伸长。高弹性辅助线几乎等于弹性伸长区域测量值的梯度变化曲线。因此,在弹性伸长过程中弹性模量的评估是可能的。

总体而言,尽管存在计算结果比测定值稍大,试样 b 的计算值与测定值之间有显著差异及从初始伸长到弹性伸长之间的过渡区域大于测量区域等问题,但有限元分析的精确度满足初始伸长值评估要求。

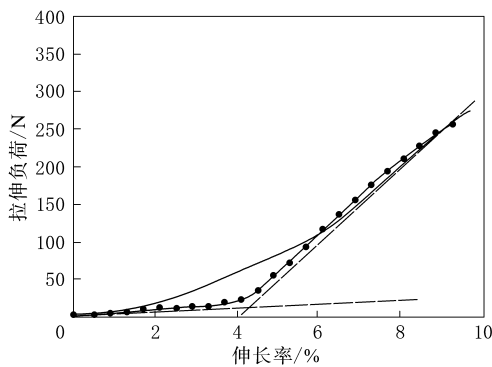
本计算使用的是短捻距模型。假设 $1\times 4\times 0.11$ 股线模型受端点束缚的影响,从弹簧线到弹



(a) 试样 a



(b) 试样 b



(c) 试样 c

●—测定值;——计算值;---弹簧线。

图 9 $5\times 4\times 0.11$ 帘线拉伸负荷-伸长率曲线试验结果与计算结果的对比

性伸长的过渡区域大于测量区域。但是简单增大捻距长度将需要很长的计算时间,且计算结果的精确度不够稳定。因此有必要检查束缚条件,并考虑更换解算机。

3 结语

进行了多股帘线初始伸长的有限元分析。分析结果表明,初始伸长的弹性模量等于帘线被拉

伸时股线相互之间无接触情况下的测定值;弹性伸长的弹性模量等于股线完全接触无间隙情况下的测定值;采用从简单弹簧模型(初始伸长的弹性模量)和多股帘线模型(弹性伸长的弹性模量)获得的两条辅助线之间的交叉点来评估初始伸长值

固铂将建立全球技术中心

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2014年6月23日报道:

固铂轮胎橡胶公司日前正式宣布即将建立其全球技术中心(GTC),投资3 550万美元的全球领先的技术中心将具有卓越的轮胎开发和创新能力,将聘用40名科学家和工程师,其中许多人具有高度专业化技术。

GTC将设在其现有的北美技术中心(NATC)、俄亥俄州 Findlay 的固铂总部。GTC预计于2014年年底全面投入使用。

固铂公司董事长兼行政总裁 Roy Armes 和副总裁兼全球研发中心主管 Chuck Yurkovich 解释说,GTC将有一个专门的研发团队,专注于探索纳米技术以及新聚合物和化合物等领域。

GTC由固铂全球技术中心主任 Curt Selhorst 直接领导,将支持固铂的 NATC 及其附属公司的区域技术中心,包括中国昆山的固铂轮胎亚太技术中心(ATC)和英国梅尔克舍姆的固铂轮胎欧洲技术中心(ETC)。

“技术和创新是轮胎行业的关键,” Armes 说,“技术驱动新产品的研发,为当今的驾驶者提供高性能、具有环境优势和安全性好的新产品。我们已经看到与经销商和消费者产生共鸣的新产品如何为企业带来竞争优势,依靠 GTC,我们正在业已强大的能力基础上追求最新技术,以推动我们的业务。”

Yurkovich 补充说,在 GTC 开发的先进技术将提供给公司世界各地的区域技术中心,以实现最终产品的开发和产业化。我们的重点是发展“可即用的”先进技术,帮助我们缩短开发周期,使固铂在 Findlay 发明创新并用它们满足世界各区域客户和市场需求。公司有能力每年更迅速地

是可行的。

(江苏兴达钢帘线股份有限公司

刘湘慧 冯国兵摘译)

译自日本“Nippon Steel Technical Report”,

[5],133~136(2013)

开发和推出世界级的产品,并继续把重点放在提高轮胎性能、轮胎材料轻量化、燃油经济性和干湿抓地力,减小滚动阻力和噪声。GTC 将帮助固铂及其世界各地的子公司在竞争非常激烈的轮胎行业保持领先。

(吴淑华摘译 李静萍校)

阿波罗轮胎 2014 年一季度

净利润增长 37%

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2014年8月6日报道:

阿波罗轮胎公司宣布,该公司2014—2015财政年度一季度净销售额为5.409亿美元(323.5亿印度卢比),营业利润为7 650万美元(45.8亿印度卢比),净利润为3 810万美元(22.8亿印度卢比)。

这一消息是公司在其第41届年度股东大会上宣布的,此时董事会已审议通过了公司2014—2015财政年度一季度未经审核的业绩。股东们还通过了截至2014年3月31日每股75%的年度分红派息。

阿波罗轮胎表示,其印度业务一季度增长6%,欧洲业务继续其良好运行,一季度同比增长18%。上一财政年度公司出售其非洲部分业务,使该公司一季度的综合水平平稳增长。

阿波罗轮胎公司董事长 Onkar Kanwar 说:“一季度各区域的汽车销量增长,特别是印度,产品和市场的更好结合,使一季度业绩良好。伴随我们在东欧继续扩建新厂的决定,我们也有计划扩大 Chennai 工厂载重子午线轮胎生产能力,并重建喀拉拉邦 Kalamassery 工厂的产品组合。”

(吴淑华摘译 李静萍校)