

3+9+15×0.175交互捻钢丝绳帘线拉伸齐断的研究

姚海东, 杨 叶

(江苏兴达钢帘线股份有限公司, 江苏 兴化 225721)

摘要:通过对3+9+15×0.175钢丝绳帘线各层单丝的理论应力进行分析,并对解捻单丝的实际破断力进行测试,分析钢丝绳帘线拉伸不齐断的原因。结果表明,通过3+9层使用高破断力单丝,使捻制后3+9层单丝的破断力与外层15根单丝相近,从而增大了3+9+15×0.175钢丝绳帘线拉伸齐断的几率。

关键词:钢丝绳帘线;单丝;拉伸齐断;应力分析

中图分类号:TQ330.38⁺9

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2020)11-0681-03

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2020.11.0681



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

交互捻钢丝绳帘线具有结构稳定、不易松散的特点,其中层状交互捻结构的3+9+15钢丝绳帘线经常被用作橡胶制品增强材料。例如3+9+15×0.175+0.15作为经典结构的钢丝绳帘线,常用于轮胎胎体中^[1-2],其中0.15 mm直径的单丝作为外缠丝,可防止钢丝绳帘线松散,在拉伸过程中基本不承受较大的力,而3+9+15钢丝绳帘线的各层单丝是拉伸负荷的主要承受者。因此对于拉伸试验测试,一般是去除外缠丝后进行,即对3+9+15×0.175钢丝绳帘线进行测试。拉伸试验除测试破断力和破断伸长率等指标外,还有一项重要指标,即单丝的齐断性能。单丝不齐断会导致钢丝绳帘线的每层单丝不能被充分利用。

本工作对3+9+15×0.175钢丝绳帘线拉伸齐断的影响因素进行探讨。

1 产品性能与拉伸测试

3+9+15×0.175钢丝绳帘线的性能指标如下:捻距 5/10/16 mm,捻向 S/S/Z,帘线直径 1.34 mm,线密度 5.42 g·m⁻¹,破断力 ≥1 720 N。通常采用0.175 mm直径单丝在双捻机上捻制捻向为S/S的3+9×0.175半成品,捻距可以为最终捻距,也可以是预定捻距;然后将3+

9×0.175作为芯线,与15根面线共同捻制成3+9+15×0.175帘线,捻向为Z,捻距为最终捻距;最后根据需要再进行外缠丝的捻制。

对常规3+9+15×0.175钢丝绳帘线进行拉伸测试,钢丝绳帘线的拉伸断裂形貌如图1所示。



图1 常规3+9+15×0.175钢丝绳帘线的拉伸断裂形貌

从图1可以看出,钢丝绳帘线总是3+9这两层的单丝先行断裂,最外层15根单丝不完全断裂,检测发现3+9+15×0.175钢丝绳帘线的单丝齐断的比例不足10%。

2 拉伸齐断分析

2.1 单丝理论应力分析

首先探讨单丝在拉伸试验中的理论应力,通常3+9+15×0.175钢丝绳帘线的捻距分别为5,10和16 mm,各层单丝成绳直径(以单丝轴向中心计算)分别为0.202,0.552和0.902 mm。根据Hruska提出的公式计算各层单丝应力(σ_n)^[3]:

$$\sigma_n = \sigma_0 \cos^2 \alpha_n \quad (1)$$

作者简介:姚海东(1983—),男,云南红河人,江苏兴达钢帘线股份有限公司高级工程师,学士,主要从事金属热处理、钢丝拉拔与钢丝绳帘线捻制技术的研究。

E-mail:hdyao@xingda.com.cn

$$\alpha_n = \tan^{-1} \pi D_n / L_n \quad (2)$$

式中, σ_0 为轴向单位应力, α_n 为第 n 层单丝的捻角, D_n 为第 n 层单丝成绳直径 (以单丝轴向中心计算), L_n 为第 n 层单丝的捻距。

将式 (2) 代入式 (1), 计算得到 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线各层单丝应力分别为 $0.984\sigma_0$, $0.971\sigma_0$ 和 $0.970\sigma_0$, 各层单丝应力相差不超过 1.5%, 可见 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线在捻距设计时已经考虑了单丝直径与捻角的配合, 使各层单丝在拉伸负荷下的应力相近, 各层单丝受力均匀。

2.2 单丝实际受力测试

为进一步分析 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线拉伸不齐断的原因, 将成品 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线进行解捻, 测量每根单丝的破断力, 并与捻制前的湿拉单丝进行对比, 测试结果如表 1 所示。

表1 解捻单丝与湿拉单丝的破断力对比

项 目	内层 (3根) 单丝	中间层 (9根) 单丝	外层 (15根) 单丝	湿拉 单丝
破断力/N				
最大值	68	68	72	75
最小值	66	67	70	72
平均值	68	68	71	74
平均捻制损失指数/%	8.1	8.1	4.0	

注: 试样数量为 30 根。

从表 1 可以看出: 与湿拉单丝相比, 3+9 这两层单丝的破断力在捻制中损失较大, 超过 8%; 而外层 15 根单丝的破断力在捻制中损失较小, 只有 4%。

从单丝的理论应力计算可知, 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线在拉伸应力下每层单丝的受力相近, 而从实际解捻测试看, 3+9 这两层单丝的破断力均小于外层 15 根单丝, 因此推测 3+9 这两层单丝的捻制损失较大是造成 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线拉伸不齐断的重要因素。

针对以上分析, 采用破断力较大的湿拉 0.175 mm 直径单丝制造 3+9×0.175 半成品, 然后作为芯线, 再与 15 根常规破断力的湿拉 0.175 mm 直径单丝一起捻制成 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线, 并进行拉伸试验, 破断力测试结果如表 2 所示。试验钢丝绳帘线的拉伸断裂形貌如图 2 所示。

从表 2 和图 2 可以看出, 试验 3+9+15×0.175

表2 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线的破断力

项 目	试验帘线			常规帘线		
	最大 值	最小 值	平均 值	最大 值	最小 值	平均 值
湿拉单丝破断力/N						
3+9层	79	76	78	75	72	74
外层(15根)	75	72	74	75	72	74
破断力/N	1 879	1 833	1 854	1 862	1 823	1 846
齐断根数		24			2	
未齐断根数		1			23	
齐断比例/%		96			8	

注: 试样数量为 25 根。

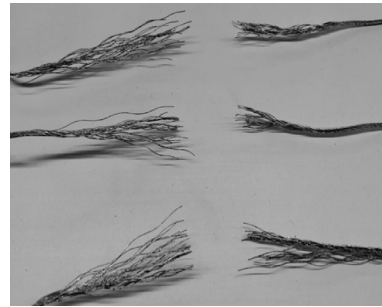


图2 试验 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线的拉伸断裂形貌
钢丝绳帘线每层的单丝齐断比例明显增大。

2.3 钢丝绳帘线不齐断原因分析

钢丝绳帘线拉伸试验过程中, 影响各层单丝齐断的因素很多, 包括单丝的材质、应力应变、单丝之间的表面接触应力、捻制松紧和检测方法等^[4-6]。由于 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线的各层单丝均采用相同的湿拉单丝捻制, 捻制工艺与机床状态相同, 检测拉伸试验人员与机型相同, 因此其单丝的材质、捻制松紧程度和检测方法的影响很小, 并且 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线的捻向为 S/S/Z, 最外层 15 根单丝与 3+9 层单丝为交互捻制, 使拉伸试验时单丝之间的表面相互制约相对较小, 但是由于成品钢丝绳帘线各层单丝的破断力捻制损失有差异, 导致出现拉伸不齐断的几率较大。

3+9+15×0.175 钢丝绳帘线各层单丝的破断力捻制损失存在差异, 主要有以下两方面原因: 一是 3+9 层单丝的捻距较小且置于内层, 在捻制过程中单丝有较大的扭转和弯曲应力, 从而使单丝的破断力捻制损失增大; 二是制造 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线时, 总是先在双捻机上捻制 3+9×0.175 半成品, 然后将 3+9×0.175 作为芯线, 与 15 根面线共同捻制成 3+9+15×0.175 钢丝绳帘线, 这使得 3+9 层单丝经过二次捻制, 在更多的

加捻解捻过程中单丝的破断力捻制损失增大。

为了提高3+9+15×0.175钢丝帘线拉伸齐断几率,试验中提高了3+9层所用的湿拉单丝破断力,使捻制损失后3+9层单丝的破断力与外层15根单丝相近,从而增大了3+9+15×0.175钢丝帘线拉伸齐断的几率。

3 结语

大部分钢丝帘线在结构设计时充分考虑了受力过程中单丝的应力差异,通过单丝直径和捻距的设计平衡单丝受力的均匀性。然而在制造过程中,工艺流程的差异会导致实际的单丝性能发生变化。通过对单丝的受力分析,并结合相应的工艺调整,可以改善钢丝帘线性能,提高产品品质。

参考文献:

- [1] 周志嵩,姚海东,孙忍,等. 极高强度钢帘线生产工艺探索[J]. 金属制品,2020,46(2):1-6.
- [2] 曹小峰. 3×0.28ST超高强度钢帘线的性能及应用[J]. 冶金管理,2019(23):21.
- [3] 余万华,袁康. 钢丝绳中接触应力的计算[J]. 金属制品,1993,19(2):6-9.
- [4] 沈元美,张毓滨. 钢丝帘线检测常见问题分析[J]. 轮胎工业,2018,38(3):135-140.
- [5] 李利,刘潇冬,王瑞. 试样因素对橡胶钢丝复合体粘合性能测试的影响[J]. 橡胶工业,2018,65(2):227-230.
- [6] 张颖,王泽君,张炬栋. 3×0.22/9×0.20CCUT特高强度紧密型钢丝帘线在无内胎全钢载重子午线轮胎胎体中的应用[J]. 橡胶科技,2018,16(3):25-27.

收稿日期:2020-05-19

Study on Simultaneous Tensile Break of 3+9+15×0.175 Intertwisted Steel Cord

YAO Haidong, YANG Ye

(Jiangsu Xingda Steel Tyre Cord Co., Ltd, Xinghua 225721, China)

Abstract: The theoretical stress of each layer of monofilament of 3 + 9 + 15×0.175 steel cord was analyzed, and the actual breaking force of untwisted monofilament was tested to analyze the cause of the irregular breaking of the steel cord. The results showed that by using the monofilament with high breaking force for 3+9 layers, the breaking force of 3+9 layer was similar to that of the outer layer with 15 monofilaments after twisting, which resulted in an increased probability of simultaneous tensile breaking of both layers under tensile deformation.

Key words: steel cord; monofilament; simultaneous tensile breaking; stress analysis

一种载重子午线轮胎胎体结构

由江苏通用科技股份有限公司申请的专利(公布号 CN 111497526A, 公布日期 2020-08-07)“一种载重子午线轮胎胎体结构”,涉及一种载重子午线轮胎胎体结构。本发明载重子午线轮胎胎体结构包括冠部、基部及两胎肩部下方的胎侧,在轮胎的里侧设有内衬层,内衬层的外侧设有一层胎体,胎体两边绕过钢丝圈向外翻卷包置于三角部位形成胎圈部,所述胎体由三相合金镀层钢丝帘线和无钴的胎体胶压延组合而成。本发明胎面结构可以提高胶料与钢丝帘线在湿热老化条件下的粘合力,降低胎体生热,延长轮胎使用寿命。

(本刊编辑部 马 晓)

一种橡胶油墨组合物、制备方法及应用方法

由厦门德瑞雅喷码科技有限公司申请的专利(公布号 CN 111363411A, 公布日期 2020-07-03)“一种橡胶油墨组合物、制备方法及应用方法”,本发明属于油墨技术领域,所述橡胶油墨组合物配方为松香改性蓖麻油酚醛树脂 5~15,蓖麻油疏基丙酸酯 1~3,颜料 3~20,分散剂 0.5~2,防沉剂 0.5~1.5,附着力促进剂 1~5,有机溶剂 60~80。本发明橡胶油墨组合物可以直接喷涂在80~130℃的轮胎橡胶上,150~180℃下硫化20~50 min,附着力高、耐温性好、不易变色。

(本刊编辑部 马 晓)