

7×7交互捻钢丝绳拉伸特性的研究

姚利丽^{1,2}, 周 洁^{1,2}, 曹文涛^{1,2}

(1. 江苏兴达钢帘线股份有限公司, 江苏 泰州 225721; 2. 江苏省结构与功能金属复合材料重点实验室, 江苏 泰州 225721)

摘要:通过有限元模拟与力学试验相结合的方法分析了4种不同捻距配置的7×7 Φ3.0 mm交互捻钢丝绳的拉伸特性。结果表明,在轴向拉伸载荷下,捻距对钢丝绳的应力分布有很大的影响,捻距越小,应力越大。试验结果与模拟结果的一致性说明所选用的计算模型是合理的,同时得到了提高钢丝绳破断力的有效方法,可为下一步钢丝绳结构设计研究提供理论指导。

关键词:钢丝绳;拉伸;捻距;应力;有限元;破断力

中图分类号:TQ330.38⁺9

文章编号:2095-5448(2022)08-0378-04

文献标志码:A

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2022.08.0378



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

钢丝绳因具有较好的拉伸性能和较高的抗冲击韧性等优点被广泛应用于工程制造和生产实践中^[1-3]。钢丝绳的复杂结构导致其理论计算十分麻烦,且计算模型不能精确反映实际情况,而仅仅通过试验来测试钢丝绳力学性能又不能高效地为钢丝绳结构设计提供指导。有限元技术的发展极大地提高了生产实践的效率和质量。对钢丝绳进行有限元模拟分析,可以清晰、直观地看到钢丝绳的受力特点,从而分析钢丝绳在设计和使用过程中应注意的因素。钢丝绳的强度和寿命主要取决于制绳钢丝的材料性能及其受力分布。要提高钢丝绳的性能,除了改善制绳钢丝的力学性能外,还必须了解其受力特性^[4]。因此,研究钢丝绳的受力特性具有非常重要的意义。

为研究不同捻距对7×7 Φ3.0 mm交互捻钢丝绳拉伸特性的影响,本研究设计了4种不同规格的钢丝绳模型,进行拉伸有限元模拟。通过分析钢丝绳内部应力的分布规律,并与试验结果相结合,

探讨拉伸性能好的钢丝绳的结构特点,为钢丝绳设计提供指导。

1 有限元模型

7×7 Φ3.0 mm交互捻钢丝绳的几何模型如图1所示,4种规格0.365+6×0.35+6×(0.35+6×0.33)钢丝绳的具体参数如表1所示。

将建立好的三维几何模型导入Workbench软

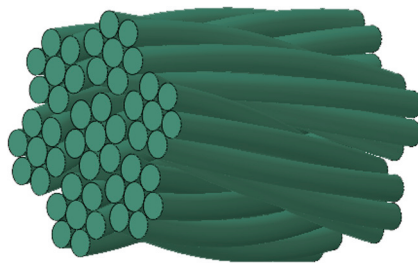


图1 7×7 Φ3.0 mm交互捻钢丝绳的几何模型

表1 4种规格0.365+6×0.35+6×(0.35+6×0.33)钢丝绳的参数

规格	芯股捻距/mm	面股捻距/mm	绳捻距/mm
A	12.5	14.6	21.5
B	12.5	14.6	25.5
C	14.5	18.6	24.2
D	14.5	18.6	25.5

作者简介:姚利丽(1976—),女,四川三台县人,江苏兴达钢帘线股份有限公司高级工程师,博士,现主要从事博士后科研工作站专项课题研究和管理,并着重于功能型金属复合材料基础研究和前沿技术等方面的探索工作。

E-mail:yll_dd@xingda.com.cn

件中进行静力学分析,钢丝的弹性模量设为200 GPa,泊松比设为0.3,钢丝之间摩擦因数设为0.17,钢丝绳一端受固定约束,另一端受轴向拉伸载荷,模拟分析载荷在0~10 kN时的钢丝绳受力情况。

2 模拟结果分析

2.1 钢丝绳应力分布云图

因钢丝绳拉伸端面受到较大的载荷,应力集中比较明显,故取钢丝绳长度方向的中间截面(以下简称钢丝绳中间截面)为研究对象进行对比分析。钢丝绳中间截面在拉伸载荷为10 kN时的应力云图如图2所示。

从图2可以看出,4种规格钢丝绳的应力分布为芯部最大、边部最小,钢丝之间的接触点处出现应力集中现象。钢丝绳受到拉伸载荷时,不同位置的钢丝应变程度不同,接触应力也不同,导致钢丝绳应力分布不均匀。钢丝绳应力最大的地方在芯股芯丝与芯股面丝的接触点处^[4]。由于绳的捻距较小,规格A的应力明显大于其他3种规格;与规格B相比,规格D增大了股的捻距,使得面股应力相对较小;与规格C相比,规格D增大了绳的捻距,使得钢丝绳整体应力相对较小。应力云图证明了捻距对钢丝绳的应力分布有很大影响,而应力分布会影响钢丝绳的强度及寿命^[5-7],因此合理设计捻距对提高钢丝绳的性能和寿命很重要。

2.2 钢丝绳应力与拉伸载荷的关系

4种规格钢丝绳Mises应力与拉伸载荷的关系曲线如图3所示,图中Mises应力取截面中同一类型单元的平均值。

从图3可以看出,各规格钢丝绳的Mises应力随着拉伸载荷的增大近似呈线性增大。4种规格钢丝绳的芯丝所受的应力普遍较大,尤其是芯股芯丝,这是因为当拉伸载荷较小时,芯丝的实际拉伸应变与绳相同,变形程度越大,所受的应力越大;而面丝的拉伸应变受捻距的影响较大,先发生结构伸长,变形程度较小,所受的应力也较小。当拉伸载荷增大到一定程度,钢丝绳股线、芯线位置发生微小错动,股线与芯线之间的接触面积增大,应力值趋于一致,直至发生断裂。

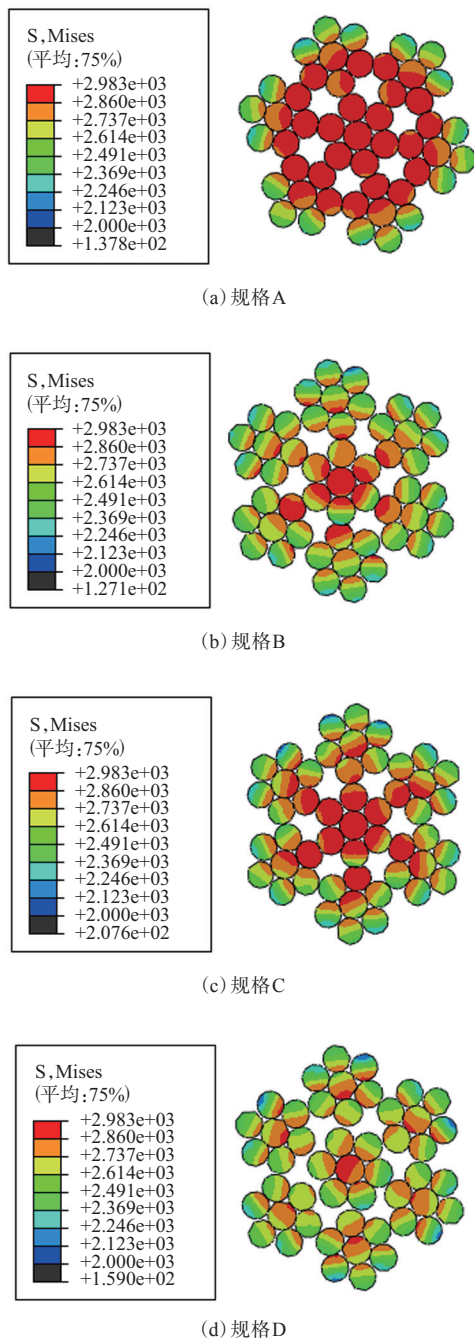


图2 不同捻距钢丝绳中间截面的应力分布云图

3 钢丝绳拉伸试验

选取4种规格的钢丝绳各5根,根据GB/T 8358—2014《钢丝绳 实际破断力测定方法》进行拉伸测试,研究捻距对钢丝绳破断力的影响,破断力取平均值,测试结果如图4所示。

从图4可以看出,规格A的破断力最小,规格D

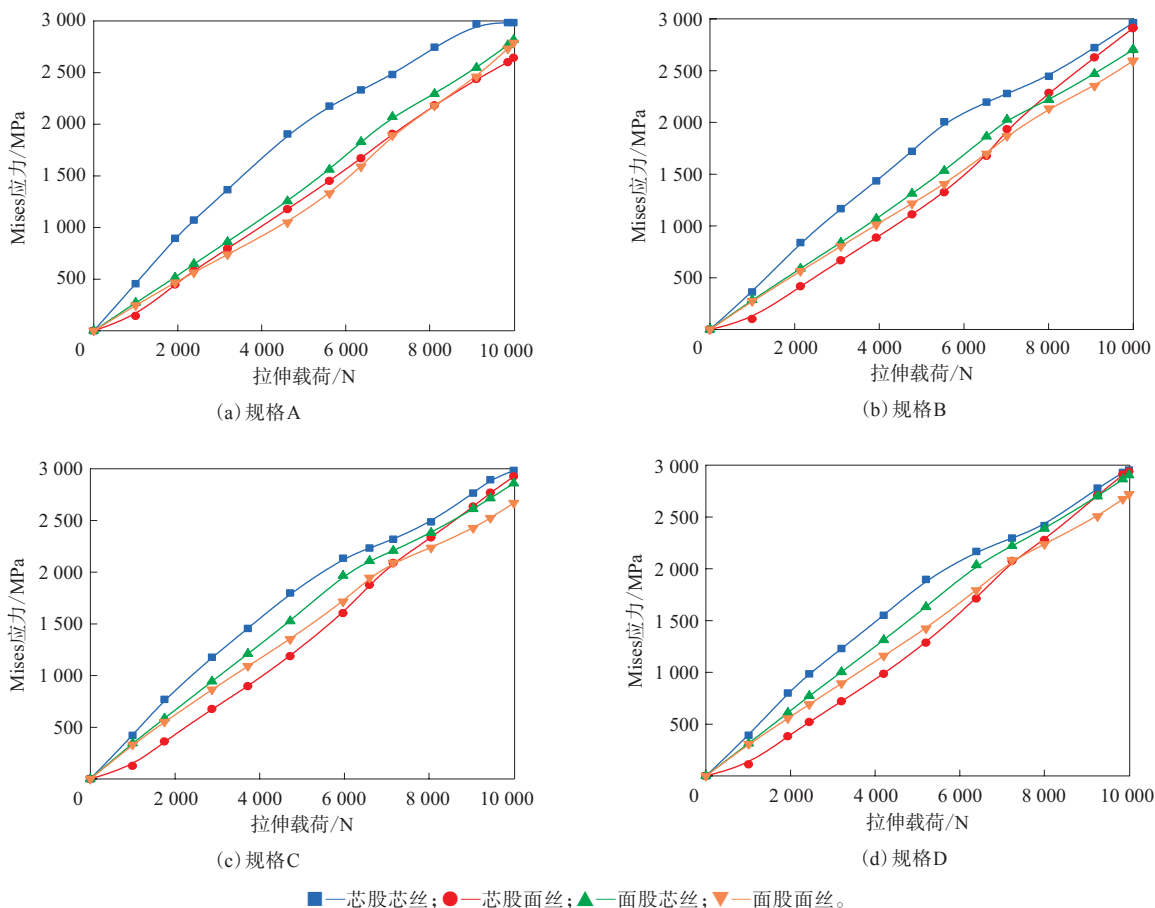


图3 4种规格钢丝绳Mises应力与拉伸载荷的关系曲线

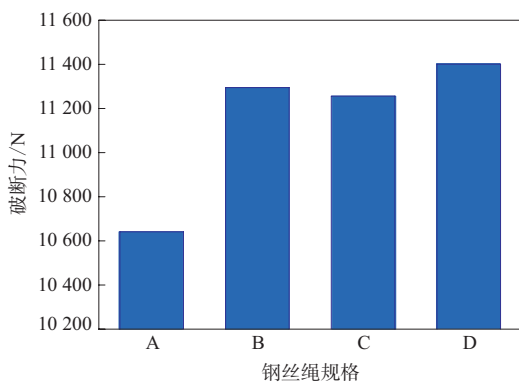


图4 4种规格钢丝绳的破断力对比

的破断力最大,说明钢丝绳整体应力越小,所能承受的破断力越大。再次证明了捻距会影响钢丝绳的应力分布,进而影响钢丝绳的力学性能。

对比规格B与规格D可以看出,增大股的捻距可增大钢丝绳破断力;再对比规格C与规格D,增大绳的捻距也可以增大钢丝绳破断力,且相对

于增大股的捻距,其对钢丝绳破断力的提升更为有效。

4 结论

(1)在轴向拉伸载荷下,交互捻钢丝绳的应力分布与捻距有很大的关系,捻距越小,应力越大,并且应力集中现象主要发生在钢丝之间的接触点处。

(2)在轴向拉伸载荷下,钢丝绳中芯丝所受的应力较大,尤其是芯股芯丝所受的应力最大。

(3)在合理范围内,增大股和绳的捻距可明显增大钢丝绳的破断力。

通过有限元模拟分析方法可以直观地获取钢丝绳的应力分布状态,为钢丝绳结构设计研究提供了方向,试验结果与模拟结果的一致性也为下一步进行钢丝绳拉伸断裂分析提供参考,为预测钢丝绳的破断力奠定基础。

参考文献:

- [1] 孙建芳. 钢丝绳捻制成形数值模拟与制品力学强度分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- [2] 倪忠进. 钢丝绳力学特性及失效机理研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2008.
- [3] 王晓宇. 钢丝绳参数化建模及力学特性分析[D]. 吉林: 吉林大学, 2017.
- [4] 浦汉军. 起重机用不旋转钢丝绳理论研究及其寿命估算[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [5] 周洁, 周志嵩, 姚丽丽. 不同捻距对钢丝绳力学性能的影响[J]. 金属制品, 2019, 45(4): 6-9.
- [6] 谷海涛. 起重机用钢丝绳受力分析及疲劳寿命估算研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2013.
- [7] 马军, 葛世荣, 张德坤. 钢丝绳三维接触模型及丝间应力分布研究[J]. 中国机械工程, 2012, 23(7): 864-868.

收稿日期: 2022-02-24

Study on Tensile Characteristics of 7×7 Intertwisted Steel Wire Rope

YAO Lili^{1,2}, ZHOU Jie^{1,2}, CAO Wentao^{1,2}

(1. Jiangsu Xingda Steel Cord Co., Ltd, Taizhou 225721, China; 2. Jiangsu Key Laboratory for Structural and Functional Metal Materials Composites, Taizhou 225721, China)

Abstract: The tensile properties of 7×7 $\Phi 3.0$ mm intertwined steel wire ropes with four different twist pitch configurations were analyzed by finite element simulation and mechanical test. The results showed that under axial tensile load, the twist pitch had a great influence on the stress distribution of the steel wire rope, and when the twist pitch was smaller, the stress was larger. The consistency between the test results and the simulation results showed that the selected calculation model was reasonable, and an effective method to improve the breaking force of the steel wire rope was obtained, which could provide theoretical guidance for the next research on the structure design of the steel wire rope.

Key words: steel wire rope; tensile; twist pitch; stress; finite element; breaking force

赛轮拟投资170亿元建设轮胎和 功能化新材料项目

日前, 赛轮集团股份有限公司(简称赛轮公司)发布公告称, 公司拟在青岛市西海岸新区董家口化工园区建设年产3 000万条高性能子午线轮胎(2 000万条半钢子午线轮胎和1 000万条全钢子午线轮胎)、15万t非公路轮胎项目及年产50万t功能化新材料项目, 总投资额达174.8亿元。

赛轮公司董家口轮胎项目投资总额为151.81亿元, 分5期建设, 每期建设12个月左右, 总计60个月, 计划于2027年10月完成。该项目将以橡胶行业工业互联网“橡链云”为基础, 使用全新的智能化生产、检测设备, 制造高性能绿色轮胎产品, 更好地满足国内外市场的需求, 提升公司整体综合实力, 扩大市场占有率。同时, 该项目有助于提升我国轮胎行业整体技术水平, 有效促进轮胎行业

的绿色发展和节能降耗, 带动轮胎行业通过产品质量提升实现品牌跨越, 加快转型升级, 缓解结构性产能过剩现象, 提升我国轮胎产品的市场竞争力, 对加快推动新旧动能转换和橡胶新材料与制品产业集群发展也具有重要意义。

功能化新材料项目投资总额为23.02亿元, 建设周期为36个月, 其中一期设计产能为20万t, 投资总额为11.63亿元, 建设周期为18个月。赛轮公司称, 投资建设功能化新材料生产基地, 可以优化公司现有轮胎生产基地的密炼工序, 提升新材料使用效率, 增强公司产品的竞争力。公司为该项目新设的子公司将采购液体黄金材料及其他橡胶材料、助剂等原材料, 并根据公司各生产基地的产品需求提供相应的功能化新材料, 有利于发挥规模化优势, 降低生产成本, 提高公司整体盈利能力。

(本刊编辑部)