

应用理论

编织胶管骨架层编织过程的导程和张力的控制研究

曹施展

(南京利德东方橡塑科技有限公司, 江苏 南京 210028)

摘要:分析编织胶管骨架层编织过程中的结构受力,推导胶管骨架层编织导程和编织张力的计算公式,以确定胶管骨架层编织过程的重要参数。结果表明:在一定编织角下,保持编织导程恒定,可使胶管的径向和轴向膨胀平衡并保持结构稳定;编织张力呈周期性波动;锭子运行到轨道外圈附近时,编织张力最大,锭子运行到轨道内圈附近时,编织张力最小;锭子旋转放线一般发生在轨道外圈附近,放线后的编织张力波谷稍低于其他波谷。

关键词:胶管;骨架层;编织;导程;张力;锭子

中图分类号:TQ336.3

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2021)04-0254-04

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2021.04.0254



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

编织胶管具有承压高、柔韧性好、对恶劣工况适应性强等诸多优点,目前已在多个行业得到广泛应用^[1-5]。骨架层编织是决定编织胶管性能的重要因素^[6-9]。研究编织胶管骨架层编织过程中的导程和张力控制,对胶管性能的控制十分重要。

1 编织导程

1.1 编织胶管结构及其受力分析

编织胶管的结构如图1所示。

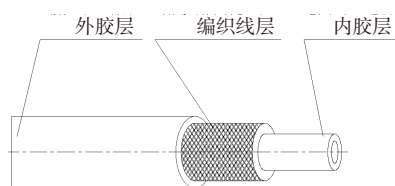


图1 编织胶管结构示意图

Fig. 1 Structure of braided hose

胶管内胶层起密封和压力传递作用;外胶层起保护作用;中间编织线层可为一层或多层,是主要的承压层,其将内胶层牢牢束缚并保持胶管形状和尺寸稳定性^[10-11]。编织机将多头编织线交叉编织在内胶层外表面,形成致密和均匀的菱形编织线层。由于编织线层主要承受内胶层传递过来

的介质压力,可将编织线层视为两端封闭的圆筒状薄壁压力容器^[12],其整体结构和微小单元的应力分析如图2所示^[13],其中 σ_r 为环向应力(N), σ_x 为轴向应力(N), P 为介质压力(Pa), θ 为介质压力的水平夹角(rad)。

根据图2,环向应力和轴向应力满足受力平衡条件:

$$2\sigma_r = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} DP \cos \theta d\theta \quad (1)$$

$$\sigma_x \pi D = \frac{\pi D^2 P}{4} \quad (2)$$

由式(1)和(2)得

$$\sigma_r = 2\sigma_x \quad (3)$$

式中, D 为编织层直径(m)。

1.2 编织角(编织平衡角)及编织导程计算

介质对胶管做功,导致编织线层拉伸,为使胶管均匀膨胀,并保持胶管结构稳定,胶管径向与轴向受力平衡。编织线受力变形分析如图3所示,其中 F 为编织(线)张力(N), F_r 为编织张力的环向分力(N), F_x 为编织张力的轴向分力(N), ΔL 为编织线的总拉伸尺寸(m), ΔL_r 为编织线的环向拉伸尺寸(m), ΔL_x 为编织线的轴向拉伸尺寸

作者简介:曹施展(1990—),男,山东临沂人,南京利德东方橡塑科技有限公司工程师,学士,主要从事橡胶制品工艺设备的研发和管理工作。

E-mail:csz_qust@163.com

引用本文:曹施展. 编织胶管骨架层编织过程的导程和张力控制研究[J]. 橡胶工业, 2021, 68(4): 254-257.

Citation: CAO Shizhan. Study on pitch and tension control of braiding process of braided hose skeleton layer[J]. China Rubber Industry, 2021, 68(4): 254-257.

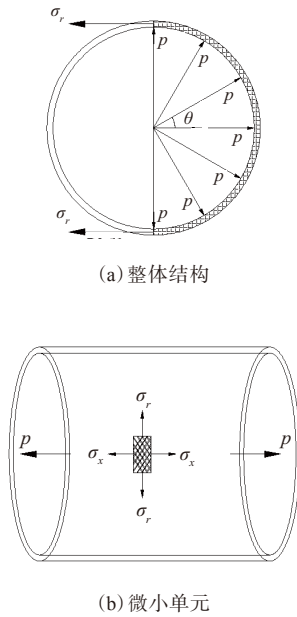


图2 编织线层应力分析

Fig. 2 Stress analysis of braided wire layer

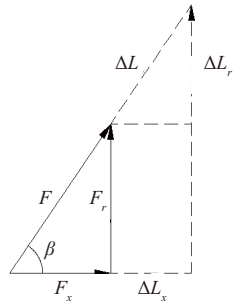


图3 编织线受力变形分析

Fig. 3 Analysis of force and deformation of braided wire

(m), β 为编织角($^\circ$)。

编织角需满足下列关系式:

$$W_r = \sigma_r \Delta r = F_r \Delta L_r \quad (4)$$

$$W_x = \sigma_x \Delta x = F_x \Delta L_x \quad (5)$$

$$\tan \beta = \frac{\Delta L_r}{\Delta L_x} = \frac{F_r}{F_x} \quad (6)$$

$$\Delta r = \Delta x \quad (7)$$

式中, W_r 为介质对胶管的径向功(J), W_x 为介质对胶管的轴向功(J), Δr 为胶管的径向膨胀尺寸(m), Δx 为胶管的轴向膨胀尺寸(m)。

由式(4)~(7), 可得:

$$\tan^2 \beta = 2 \quad (8)$$

$$\beta = 54.73^\circ \quad (9)$$

同时, 可推导出编织导程(p , mm)和线长(L , mm)的计算公式:

$$p = \pi D \cot \beta \quad (10)$$

$$L = \frac{\pi D}{\sin \beta} \quad (11)$$

由此可见, 编织角只与编织层直径和编织导程有关, 在确定的编织角下, 保持编织导程恒定, 可使胶管的径向和轴向膨胀平衡并保持胶管结构稳定。

2 编织张力

2.1 编织张力作用

编织线具有一定的拉伸性, 在一定范围内编织线的拉力与伸长量成正比^[14]。编织线在编织过程中保持一定的编织张力, 可有效抵抗介质压力, 减小胶管的膨胀量^[15]。但编织张力过大易使胶管产生疲劳, 同时致使编织机受力抖动而加剧磨损。因此, 通常需根据胶管的性能及实际生产工艺选取编织张力, 并保持编织张力稳定。

2.2 编织张力过程控制与分析

编织张力的过程控制是由编织机锭子的收放线来实现的。锭子带着线轴在S形轨道上同步交叉走位, 当锭子向圆盘内圈运行时, 放线点到编织点的距离不断减小, 编织过程不足以消耗掉多余的线, 需要锭子机构弹性元件释放能量, 拉长距离, 以拉紧线而保持编织张力; 当锭子向圆盘外圈运行时, 放线点到编织点的距离不断增大, 加之编织过程消耗的线长, 需要锭子机构弹性元件存储能量, 缩短距离, 以放松线而保持编织张力; 当锭子达到一定位置时, 触发线轴棘轮放线, 放线后锭子机构弹性元件释放能量, 再以此循环。由此可见, 编织张力在一定范围内周期性波动是必然现象。下面从编织张力波动的理论计算中分析其变化规律和影响因素。

2.3 编织张力计算

图4为一台24锭卧式编织机的结构示意图, 其中编织机圆盘轨道外圈半径为 R , 花盘半径为 r , 编织机转速(锭子绕圆盘大圈旋转)为 n_1 , 花盘转速(锭子绕花盘小圈旋转)为 n_2 , 花盘角速度为 ω , 设时间为 t , 在任意一个时间段(Δt)内锭子到编织点的垂直距离(OA)为 l , 水平距离(BO)为 b , 斜线距离(AB)为 a , a 的变化量为 Δa , 消耗的编织线长为 s , 锭子单次旋转放线长度为 c , 放线机构缓冲长度为 d , 锭子旋转放线时最大编织张力为 $F_{\max}$, 最小编

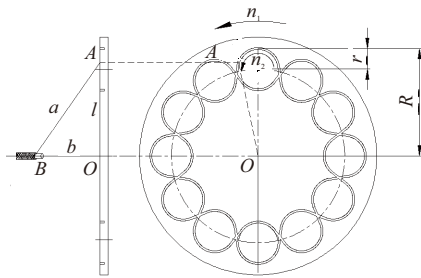


图4 编织机结构示意图

Fig. 4 Structure of braiding machine

织张力(放线机构缓冲长度达到最大时)为 $F_{\min}$, Δt 内编织张力的变化量为 ΔF ,则有如下关系:

$$n_2 = 6n_1 \quad (12)$$

$$\omega = 2\pi n_2 \quad (13)$$

$$l = \sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos(\omega t)} \quad (14)$$

$$a = \sqrt{l^2 + b^2} \quad (15)$$

$$s = \sqrt{3} p n_1 \Delta t \quad (16)$$

$$\Delta F = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{d} (c - s - \Delta a) \quad (17)$$

$$F = F_{\max} - \Delta F \quad (18)$$

2.4 编织张力影响因素

由式(17)可知,最大编织张力与最小编织张力差($F_{\max} - F_{\min}$)越小,放线机构缓冲长度(d)越大,锭子单次旋转放线长度(c)越小,则编织张力波动(ΔF)越小。进一步分析,在放线机构缓冲长度不变时,最大编织张力与最小编织张力差取决于弹性元件的弹性系数,弹性系数越小,最大编织张力与最小编织张力差越大。放线机构缓冲长度的设计受限于锭子机构的空间大小,只能有限增大,且放线机构缓冲长度至少需缓冲锭子从最外圈到最内圈所积攒的线长,即 $d > (a_{\max} - a_{\min})$,否则会出现抛线现象。锭子单次旋转放线长度取决于锭子放线棘轮的齿数,齿数越多,锭子单次旋转放线长度越小,但设计时需考虑齿数增多带来的强度下降。

对以上参数进行合理的赋值试算,如取 $R = 270 \text{ mm}$, $r = 64 \text{ mm}$, $n_1 = 0.7 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, $b = 80 \text{ mm}$, $p = 16.3 \text{ mm}$, $c = 25 \text{ mm}$, $d = 150 \text{ mm}$, $F_{\max} = 25 \text{ N}$, $F_{\min} = 20 \text{ N}$ 时,编织张力计算结果如图5所示。

从图5可以看出:锭子运行到轨道外圈附近时,编织张力最大,运行到轨道内圈附近时,编织张力最小;锭子旋转放线一般发生在轨道外圈附近

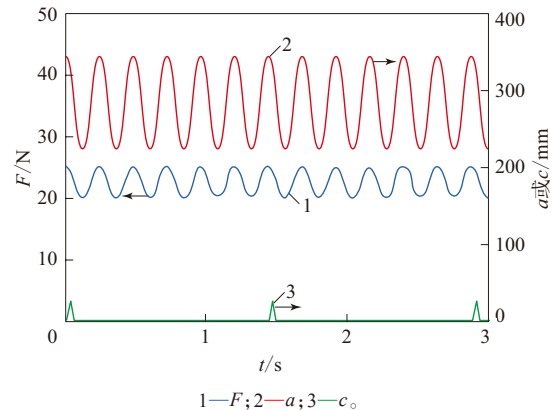


图5 编织张力与时间的相关曲线

Fig. 5 Correlation curves of braiding tension and time

近,且放线后编织张力波谷稍低于其他波谷,与实际相符。

3 结论

本研究分析编织胶管骨架层编织过程中的结构受力,推导出胶管编织导程和编织张力的计算公式,以确定胶管骨架层编织过程的重要参数,从而有效控制胶管性能。结果表明:在一定的编织角下,保持编织导程恒定,可使胶管的径向和轴向膨胀平衡并保持结构稳定;编织张力具有周期性波动特性;锭子运行到轨道外圈附近时,编织张力最大,锭子运行到轨道内圈附近时,编织张力最小;锭子旋转放线一般发生在轨道外圈附近,放线后的编织张力波谷稍低于其他波谷。

参考文献:

- [1] 敬松. 浅谈液压胶管总成生产质量工艺改进方法[J]. 中国设备工程, 2020(2): 241-243.
JING S. Discussion on improvement of production quality and process of hydraulic pressure hose assembly[J]. China Plant Engineering, 2020(2): 241-243.
- [2] 张铁伦. 新加油胶管对油品硫含量的影响及防范措施[J]. 石油商技, 2019, 37(6): 88-91.
ZHANG T L. Influence of new refueling hose on sulfur content of oil and preventive measures[J]. Petroleum Products Application Research, 2019, 37(6): 88-91.
- [3] 王俊翔, 朱熠, 王泽庆, 等. 汽车冷却胶管的试验研究及质量改进方法[J]. 汽车工艺与材料, 2020(2): 43-47.
WANG J X, ZHU Y, WANG Z Q, et al. Experimental study and quality improvement of automobile cooling hose[J]. Automobile Technology & Material, 2020(2): 43-47.

- [4] 裴雨飞, 刘众. 2019年我国胶管进出口情况浅析[J]. 中国橡胶, 2020, 36(8): 22-25.
PEI Y F, LIU Z. Analysis of China's rubber hose import and export in 2019[J]. China Rubber, 2020, 36(8): 22-25.
- [5] 张亮, 邹永振. 钢丝编织、缠绕胶管常见质量问题、原因及解决措施[J]. 中国橡胶, 2015, 31(20): 46-48.
ZHANG L, ZOU Y Z. Common quality problems and their causes and solutions of steel wire braided and winded hose[J]. China Rubber, 2015, 31(20): 46-48.
- [6] 白琪. M公司液压胶管产品质量分析及改进研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2017.
BAI Q. Research on product quality analysis and improvement of hydraulic hose of M company[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2017.
- [7] 刘枫, 王亮燕, 岳小雪, 等. 制动胶管编织骨架层的参数化建模[J]. 橡胶工业, 2019, 66(12): 895-903.
LIU F, WANG L Y, YUE X X, et al. Parametric modeling of braided skeleton layer for brake hose[J]. China Rubber Industry, 2019, 66(12): 895-903.
- [8] 张一川, 刘枫, 符寿康, 等. 制动胶管编织骨架层正交各向异性力学性能与管体扭转变形仿真分析及试验验证[J]. 橡胶工业, 2020, 67(2): 83-90.
ZHANG Y C, LIU F, FU S K, et al. Simulation analysis and experimental verification of orthogonal anisotropic mechanical properties of braided framework layer and torsion characteristics of brake hose[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(2): 83-90.
- [9] 刘枫, 李锦伟, 岳小雪, 等. 制动胶管纤维编织层的三维模型构建及其等效力学性能研究[J]. 特种橡胶制品, 2018, 39(4): 50-57.
LIU F, LI J W, YUE X X, et al. Construction of 3-dimensional model and prediction of effective mechanical properties of the reinforced fibrous braid layer of brake hose[J]. Special Purpose Rubber Products, 2018, 39(4): 50-57.
- [10] 李延林, 吴宇方, 翟祥国. 橡胶工业手册(第五分册) 胶带、胶管与胶布[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990.
LI Y L, WU Y F, ZHAI X G. Rubber industry manual (volume 5) tape, hose and fabric[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1990.
- [11] 陈永军, 黄德明, 王亮燕, 等. 聚酯织物增强胶管粘合性能的研究[J]. 橡胶科技, 2020, 18(7): 389-391.
CHEN Y J, HUANG D M, WANG L Y, et al. Research on adhesion property of polyester fabric reinforced rubber hose[J]. Rubber Science and Technology, 2020, 18(7): 389-391.
- [12] 刘枫. 胶管用编织层的几何建模和力学性能有限元模拟分析研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2019.
LIU F. Research on geometric modeling and finite element simulation of mechanical properties of braid of rubber tube[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2019.
- [13] 刘鸿文. 材料力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
LIU H W. Mechanics of materials[M]. Beijing: Higher Education Press, 2011.
- [14] 吴贻珍, 蔡伟, 邵漪磊, 等. 高模量低收缩聚酯线绳在汽车传动带中的应用[J]. 橡胶工业, 2007, 54(2): 96-100.
WU Y Z, CAI W, SHAO Y L, et al. Application of HMLS polyester cord in automotive V-belt[J]. China Rubber Industry, 2007, 54(2): 96-100.
- [15] 李庆刚, 宫云飞, 陈云朋, 等. 超低膨胀编织塑料软管的设计[J]. 汽车实用技术, 2018(16): 150-153.
LI Q G, GONG Y F, CHEN Y P, et al. Design of ultra-low expansion woven plastic hose[J]. Automobile Applied Technology, 2018(16): 150-153.

收稿日期: 2020-10-13

Study on Pitch and Tension Control of Braiding Process of Braided Hose Skeleton Layer

CAO Shizhan

(Nanjing Orientleader Technology Co., Ltd, Nanjing 210028, China)

Abstract: The structure force in the braiding process of the braided hose skeleton layer was analyzed, the calculation formulas of the braiding pitch and braiding tension of the hose skeleton layer were obtained, and thus the important parameters of the braiding process of the hose skeleton layer were determined. The results showed that, under a certain braiding angle, keeping the braiding pitch constant could keep the radial and axial expansion of the hose in balance and keep the structure stable. The braiding tension had the periodic fluctuation characteristics. When the spindle ran near the outer ring of the track, the braiding tension was the maximum, and when the spindle ran near the inner ring of the track, the braiding tension was the minimum. The spindle rotary setting out generally occurred near the outer ring of the track, and the braiding tension troughs after setting out were slightly lower than the other troughs.

Key words: hose; skeleton layer; braid; pitch; tension; spindle