

Research on Improving the Compressive Strength of the Rubber Hose

Junxia Zhang

Zibo Aike Mining Machinery Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255120, China

Abstract

The hose industry has a history of 40 years in China, and has now become one of the main industries of the rubber industry in China. In recent years, with the rapid development of China's automobile manufacturing, oil exploitation, agricultural water conservancy, marine chemical industry and construction industry, the demand for rubber hose is increasing. At the same time, close to the international standards, which promotes the continuous improvement of the traditional hose process, production method, standards and structure, and emerged a number of advanced equipment, strong comprehensive strength of the hose backbone enterprises. At present, China's hose industry with steel wire, fiber weaving or winding enhanced hose proportion has been greatly improved, leading to the gradual saturation of the domestic market of hose products. In order to further tap the development potential of the enterprise, the hose factory urgently needs to open up a new market. In order to meet the needs of foreign customers, this paper proposes a research and development technology of export hose products. This export hose product has stable performance, good antistatic ability, and no leakage under 1.5 times the working pressure.

Keywords

hose production technology; high-pressure hose; structure design

提升胶管抗压强度的研究

张军霞

淄博爱科工矿机械有限公司, 中国 · 山东 淄博 255120

摘 要

胶管行业在中国已有40年的历史, 现已成为中国橡胶工业主要产业之一。近年来随着中国汽车制造、石油开采、农业水利、海洋化工以及建筑业迅速发展对胶管的需求日趋提高。同时与国际标准的靠拢, 这就促进了传统的胶管工艺、生产方法、标准和结构的不断改进, 涌现出一批设备先进、综合实力较强的胶管骨干企业。目前中国胶管工业以钢丝、纤维编织或缠绕增强的胶管比例有了大幅度提高, 导致胶管产品国内市场逐渐饱和化。为进一步挖掘企业发展潜力, 胶管厂急需开拓新的市场。为了满足外国客户的需要, 论文提出了一款出口胶管产品的研发技术。这种出口胶管产品性能稳定, 抗阻燃抗静电能力良好, 在1.5倍工作压力下不会出现泄漏。

关键词

胶管生产技术; 高压胶管; 结构设计

1 引言

胶管行业在中国已有 40 年的历史, 现已成为中国橡胶工业主要产业之一。近年来随着中国汽车制造、石油开采以及建筑业迅速发展对胶管的需求日趋提高, 涌现出一批设备先进、综合实力较强的胶管骨干企业。目前中国胶管工业以钢丝、纤维编织或缠绕增强的胶管比例有了大幅度提高, 导致胶管产品国内市场逐渐饱和化。为进一步挖掘企业发展潜力, 胶管厂急需开辟新的市场。设计的胶管型号为 14.5~25MPa (内径为 14.5mm 的高压胶管, 工作压力为

25MPa) 高压胶管。论文计划设计生产 2-14.5-16MPa 高压胶管主要由内胶层、骨架层(增强层)、中胶层、外胶层四部分组成。工作压力完全满足客户需求, 大大提高了产品的使用寿命。

2 技术设计阶段

需要设计的胶管型号为 14.5~25MPa (内径为 14.5mm 的高压胶管, 工作压力为 25MPa) 的高压胶管。这种胶管是专门为高压环境而设计的, 能够承受较高的压力和温度。

我们设计生产的 2-14.5-16MPa 高压胶管主要由内胶层、骨架层(增强层)、中胶层、外胶层四部分组成。这种结构使胶管具有较高的强度和耐久性, 能够满足各种复杂的工作需求。

【作者简介】张军霞(1977-), 女, 中国甘肃甘谷人, 本科, 工程师, 从事项目管理研究。

我们制定了生产工艺流程,对每个主要的工序进行严格的控制。确保每个环节的质量和精度。同时,我们对胶管生产车间的生产操作工人进行工艺技术培训,确保他们能够熟练掌握生产技能和操作规程。

总之,我们设计生产的 14.5~25MPa 高压胶管具有优异的性能和可靠性,能够满足各种高压环境下的工作需求。

3 实施加工制造阶段

3.1 出口胶管的结构设计

胶管结构设计不仅决定了胶管生产工艺和原材料的选用,而且与产品的技术性能、使用寿命等有密切关系。

本次研发的出口胶管在正压条件下使用,胶管内径 14.5mm,压力要求为 25MPa。参考国标中内径为 16mm 的胶管,用 2 层编织的形式即可达到 25MPa,由于 14.5mm < 16mm,根据压力公式 $P=F/S$,当 P 不变时, S 减少, F 也会减少。所以本次出口管的结构也可以采用二层编织胶管的结构形式。

骨架层的设计:

本次设计的出口管耐压强度较高,需选取强度较高的钢丝作为骨架层的材料,根据市场调研结合自身实际选取钢丝强度为 3150MPa 的钢丝作为骨架层。

胶管受力状态示意图见图 1。

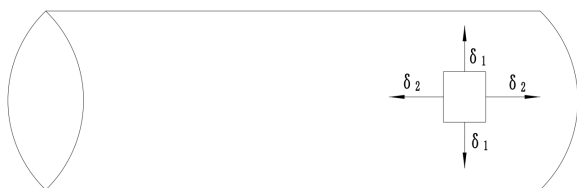


图 1 胶管受力状态示意图

胶管的受力分析:

设一直径为 D ,端部封闭的胶管,在内压作用下受力状态如图所示。若沿管壁的纵横断面上分割出一微单元,则作用在此微单元体周向上的应力为 δ_1 ,作用于轴向上的应力为 δ_2 ,它们分别简称为周向应力和轴向应力。用公式表示如下:

$$\delta_1 = \frac{PD}{2h} \quad \delta_2 = \frac{PD}{4h}$$

式中, P ——内压作用力,MPa;

D ——圆筒直径,cm;

h ——圆筒壁厚,cm。

将两式比较可得, $\delta_1=2\delta_2$ 。

由此可看出,胶管在内压作用下,所产生的周向应力要比轴向应力大 1 倍。在胶管耐压强度计算时,可根据以上

条件得出胶管内压的计算公式:

$$P_B = F \frac{K_B i m C}{D_{计}}$$

式中, P_B ——胶管耐压强度;

K_B ——骨架层强度;

i ——骨架层层数;

m ——骨架层密度;

$D_{计}$ ——胶管计算直径,按骨架层内径计算。

3.2 平衡角的设计

在胶管结构中,其骨架层是按一定角度包覆在内胶上。如果胶管在内压作用下,其管体仍保持原来的直径和长度,且体积呈最大值,则其骨架层的包覆角度达到“平衡角”。下面我们对平衡角进行计算:

假设一编织胶管的直径为 D ,编织角度为 α ,工作压力为 P 。取编织螺旋中一个螺距(行程)为 T ,然后将螺距展开,得一直角三角形,一直角边长为 T ,另一直角边长为横截面的周长 πD 。

由上图可知,胶管纵断面和横断面上的弹性力分别为:

$$P_1 = \frac{PDT}{2}$$

$$P_2 = \frac{P\pi D^2}{4}$$

式中, P_1 ——周向上的弹性力;

P_2 ——轴向上的弹性力;

D ——胶管直径;

T ——编织螺距(行程)。

当周向应力值与轴向应力值的合力夹角等于编织角时,即胶管在内压作用下其长度和直径保持不变,此时呈现的胶管即为平衡角。

根据三角函数可得:

$$\tan\alpha = \frac{\pi D}{T} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$\tan\alpha = \frac{PDT}{2} / \frac{P\pi D^2}{4} = \frac{PD \times \pi D}{2 \tan\alpha} / \frac{P\pi D^2}{4}$$

求得: $\tan^2\alpha = 2$, $\alpha = 54^\circ 44'$ 。

由此可知,平衡角 α 的角度为 $54^\circ 44'$ 。此时,胶管在内压作用下,其周向压力与轴向压力相等,从而使骨架层达到最佳效果。

3.3 施工设计

钢丝编织胶管的施工计算,要从胶管的编织角度和编织行程入手。

一般来说,编织行程的大小与胶管的编织直径和编织角度有关,从上图可看出;

$$T = \pi D_{\text{计施}} \text{ctan} \alpha$$

$$D_{\text{计施}} = D_{\text{内}} + 2\delta_{\text{内}} + \delta_{\text{编}}$$

当平衡角度为 $\alpha = 54^\circ 44'$, $T = 2.2 D_{\text{计施}}$

$$T_{\text{min}} = \frac{Nd}{2\text{sina}}(n + 0.73)$$

$$T_{\text{max}} = \frac{N}{2\text{sina}}(nd + 1)$$

$$D_{\text{min}} = \frac{Nd}{2\pi \text{cosa}}(n + 0.73)$$

$$D_{\text{max}} = \frac{N}{2\pi \text{cosa}}(nd + 1)$$

式中, T_{min} ——最小编织行程, mm;

T_{max} ——最大编织行程, mm;

D_{max} ——最大编织直径, mm;

D_{min} ——最小编织直径, mm。

δ ——编织机锭子数;

n ——每锭的钢丝根数;

a ——编织角度;

d ——钢丝直径; mm。

根据车间设备情况, 选取 24 锭高速编织机, 钢丝合股数为 8 根, 钢丝直径为 0.295mm, a 取 $54.44'$, 可得:

$$T_{\text{min}} = 37.85\text{mm}$$

$$T_{\text{max}} = 49.4\text{mm}$$

$$D_{\text{min}} = 17\text{mm}$$

$$D_{\text{max}} = 22\text{mm}$$

由此可知, 在采用上述编织条件下, 本次出口胶管的编织行程和编织直径应控制在上述范围内。

3.4 耐压强度计算

本次出口胶管设计的工作压力为 25MPa, 按照标准要求胶管的爆破压力要大于 4 倍的工作压力即 100MPa, 下面根据施工设计校核胶管的耐压强度。采用下式计算:

$$P_B = \theta \times \frac{NnK_B C_4}{D_{\text{计}}^2 C_3^2}$$

式中, P_B ——胶管耐压强度, kgf/cm^2 ;

θ ——不同编织层数的计算系数;

N ——不同编织层的计算系数;

n ——每锭钢丝根数;

K_B ——单根钢丝强度, kgf/根 ; 0.295 钢丝单根强度为 $3150\text{MPa} = 21.5\text{kgf/根}$ 。

$D_{\text{计}}$ ——计算直径, cm。

已知设计的内径 14.5mm 的两层钢丝编织胶管, 编织锭 $N=24$, 每锭钢丝根数 $n=8$; 计算系数 $\theta=1.103$; 钢丝强度

$K_B=21.5\text{kgf/根}$; 编织平衡角度 $a=54^\circ 44'$; 由于钢丝的伸长率很小, $C_3=1$ 。

$$C_4=1-0.15(n-1)=0.895$$

$$D_{\text{计}} = D_{\text{内}} + 2\delta_{\text{内}} + \delta_{\text{编}} = 14.5 + 3.6 + 4 \times 0.295 = 19.28\text{mm}$$

将以上数据代入公式:

$$P_B = 1.103 \times \frac{24 \times 8 \times 21.5 \times 0.895}{19.28^2} = 109.6\text{kgf/cm}^2 = 109.6\text{MPa}$$

经过计算可知设计的出口胶管爆破压力为 109.6MPa, 大于标准的 100MPa, 能够满足使用要求。

4 性能试验并完成试验报告阶段

通过对出口胶管全面检测分析, 各项指标均达到或优于标准要求。

①在 1.5 倍工作压力下, 保压 5 分钟无泄漏。

②在 4 倍的工作压力下, 保压 1 分钟无泄漏。

③在 500V 标称定载电压下, 胶管两极之间测出的电阻不大于 (Ω)。

④在工作压力下软管长度变化不超过 -4%~+2%。

⑤将一段胶管放置在酒精喷灯灼烧 60s, 移开酒精喷灯后, 有焰燃烧和无焰燃烧时间都小于 30s。

⑥在 1.33 倍压力下, 试验油温 100℃, 脉冲次数超过 20 万次。

5 验证阶段

在之前的努力和细致的工作流程中, 我们根据试验报告, 得出了明确的结论: 通用型金属加工液的研发已经宣告成功, 正式投入生产使用。

我们的通用型金属加工液不仅性能稳定, 而且能够满足各种不同的金属加工需求。它的研发成功, 标志着我们在金属加工领域又迈出了重要的一步。

6 结论

当前非标胶管在国内市场应用很少, 主要用于国外客户。由于非标出口管的性能优越于普通胶管, 具有良好的承压能力和耐磨、脉冲性能良好等特点, 随着市场需求的进一步扩大, 我们的非标胶管推向市场, 销售前景会很好, 可直接给公司带来经济效益。

参考文献

- [1] 赵明. 科技项目实施完全项目制管理实践与认识[J]. 石油科技论坛, 2019, 38(1): 25-28.
- [2] 黄兆阁, 李伟, 孟祥坤, 等. 钢丝缠绕胶管伸长率和应变能密度协调设计[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版), 2012(3).
- [3] 齐长林, 曲涛, 于学挺. 浅谈钢丝胶管总成的制作方法[J]. 山东工业技术, 2013(6).
- [4] 吕青, 汤建忠, 崔恒伟, 等. 胶管钢丝反复弯曲试验的影响因素探讨[J]. 橡胶科技, 2022(8).