

# 波纹直径的分析与测试

威卡自动化仪表(苏州)有限公司 徐修祝

摘要：本文介绍了目前用于称重传感器的两种直径 $\phi$  42mm 和 $\phi$  45mm 的波纹管，并通过有限元和测试的方法分析了这两种波纹管对称重传感器性能的影响，以供大家设计参考。

关键词：波纹管 传感器 波数 刚度

## 一、引言

目前对于波纹管焊接密封传感器需求越来越多，不同厂家这种称重传感器的外形直径存在一定的差异，外径主要集中于 $\phi$  42mm（如 HBK 公司的 F3833 传感器）和 $\phi$  45mm（如 TECSIS 公司的 F3833 传感器），相比较而言，波纹管直径为 $\phi$  42mm 传感器因为直径小，能更好地适应市场需求，本文对波纹管直径进行了简单的分析模拟，供以后大家设计参考。



图 1 不同厂家的波纹管传感器

## 二、波纹管的设计与模拟

根据弹簧的设计思想，需要保持横向和纵向的刚性一致性，所以在保证 $\phi$  45mm 和 $\phi$  42mm 情况下，相同力作用下的横向位移相等或相差很小。如果将直径 $\phi$  45mm 直减小为 $\phi$  42mm 势必造成横向刚度的增加，根据分析，波纹管的波数和波纹管的壁厚对传感器有影响，这样需要通过增加波纹管的波数和减小壁厚，来保证 $\phi$  45mm 和 $\phi$  42mm 的横向变形相当，基于此，下面对波纹管进行了简单的计算和详细的测试。

### 1. 数据收集

公司	总长/mm	波纹数	波纹长/mm	直径/mm
HBK	55.7	15	49.8	42
TECSIS	51.3	12	41.3	45

### 2. 模型、加载、受力分析

模拟参数，波数  $n=12$  和  $n=14$  两种情况，直径  $D=45\text{mm}$  和  $D=42\text{mm}$  两种情况，壁厚  $t=0.1, 0.11, 0.12\text{mm}$  三个选项，S316 弹性模量为  $E=195\text{GPa}$ 。



图 2. 模型

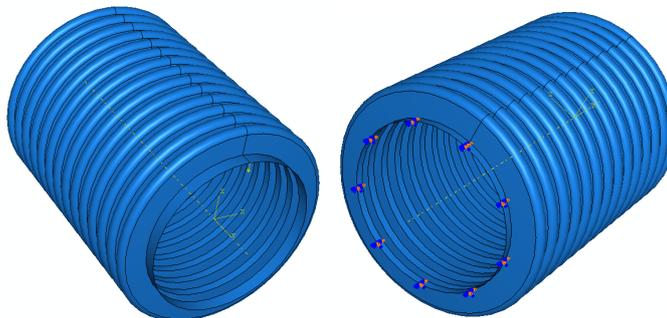


图 3. 边界和加载

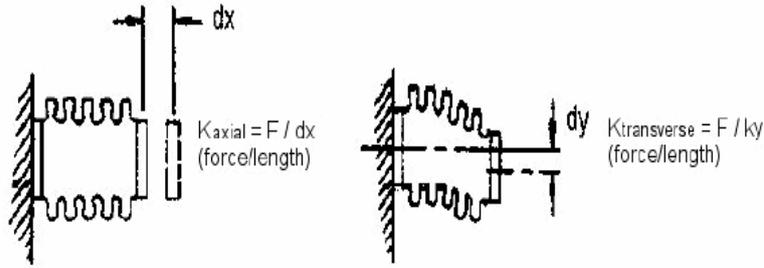


图 4. 轴向和横向刚度的计算

### 3. 模拟结果

模型	横向位移 U1/相对量	参数
I	276.2	F=30kg, $\varphi$ 45, n=12, t=0.12
II	197	F=30kg, $\varphi$ 42, n=14, t=0.12
III	327.7	F=30kg, $\varphi$ 42, n=14, t=0.1
IV	251.2	F=30kg, $\varphi$ 42, n=14, t=0.11

从模拟结果可以看出在 F=30kgf 的时候，1 与 3，4 横向位移相差不大，选择 3 为最佳方案。在制作波纹管的时候，发现波纹管壁厚越薄，波纹管成型的报废率就会增加，发现壁厚为 0.12mm 时，波纹管成型的报废率相对低一些，所以定义波纹管直径  $\varphi$  42mm，波数为 14，壁厚为 0.12mm。

### 三、测试结果比较

参考以上模拟的结果，波纹管直径为  $\varphi$  42mm，波数为 14，壁厚为 0.12mm（实测为 0.11mm）。

#### 1. 尺寸规格的比较

直径/mm	波数	壁厚/mm	其他尺寸
45	12	0.12	相同
42	14	0.11	

#### 2. 测试数据的比较

型号	直径/mm	$\Delta \bar{S}$ /cts	$\Delta \bar{H}$ /%F.S	$\Delta \bar{L}$ /%F.S
F3833-20kg	$\varphi$ 45	-717.1	-0.0066	0.006
F3833-20kg	$\varphi$ 42	-1053	0.002	-0.0016
F3833-100kg	$\varphi$ 45	-102.5	-0.0018	-0.0009
F3833-100kg	$\varphi$ 42	-156.6	-0.0008	0.0007
F3833-500kg	$\varphi$ 45	-41.8	-0.0032	-0.0021
F3833-500kg	$\varphi$ 42	-81	-0.0005	-0.00175

$\Delta \bar{S}$  一代表焊波纹管前和焊波纹管后灵敏度差值的平均值；

$\Delta \bar{H}$  一代表焊波纹管前后滞后平均值的差值；

$\Delta \bar{L}$  一代表焊波纹管前后线性平均值的差值。

从上表可以发现由于  $\varphi$  42mm 波纹管轴向刚度的增加，致使传感器焊接前后的灵敏度的差值绝对值明显比焊  $\varphi$  45mm 的灵敏度大，而线性滞后  $\varphi$  42mm 对性能的影响比  $\varphi$  45mm 的

小，这可能是由于波数的增加，使得波纹管横向柔韧性比较好。

#### 四、总结与讨论

从试验结果来看，F3833-20~500kg 的波纹管 $\phi$  45mm 切换到 $\phi$  42mm 是可行的，因为：

1. 理论上， $\phi$  45mm 和 $\phi$  42mm 轴向刚度有所差异，横向位移相差不大；
2. 实际上， $\phi$  45mm 和 $\phi$  42mm 都对性能的影响很小， $\phi$  45mm 对 SPAN 的影响更小，而 $\phi$  42mm 对焊前焊后线性滞后的影响更小。