

振动对皮带秤用称重传感器性能的影响

济南金钟电子衡器股份有限公司 范韶辰，李文刚

【摘要】 皮带秤是物料输送过程中，普遍使用的计量设备，其称量方式为连续、动态称量。被称物料的重量值，在称量值附近做上下波动，形成连续的脉动循环。称重传感器受力和其他静态衡器不同，是承受脉动循环应力，受力时间相对较长。本文试图分析皮带秤用称重传感器在连续、脉动、循环受力的情况下，对称重传感器性能的影响。

【关键词】 皮带秤；振动；长期稳定性；称重传感器零点；称重传感器灵敏度

一、概述

电子皮带秤由于其结构简单，直接安装在皮带输送机上，与皮带输送机有着较好的安装、匹配关系，构件少、成本低，在物料输送过程中完成称重计量任务，所以，获得了广泛的应用。在港口、煤矿、矿山等领域，到处可以见到电子皮带秤。其称量原理为：利用安装在皮带输送机上的称重传感器和测速传感器输出的电信号，称重、计算单位时间里流过皮带秤的物料重量，与物料通过的时间相乘积，即得到被输送物料的重量。虽然流过电子皮带秤的物料，在秤的前方通过档煤器等装置控制物料（如煤层）的高度，进行了物料流量平衡，但是由于通过电子秤的物料高低不同、比重不同，其重量值还是在其称量值附近波动，呈现出脉动、连续的称量。所以，称重传感器的受力，基本上是在称量值附近上下波动，称重传感器受到来自传力架的交变载荷的重量，这对于称重传感器的金属弹性体来讲，处于疲劳工作状态。所以，研究振动对皮带秤用称重传感器的影响，尤其是长期稳定性的影响，有着重要的现实意义。

二、皮带秤用称重传感器及受力范围

皮带秤以秤架结构形式进行分类，有单托辊式，多托辊式和悬浮式皮带秤。一般的都是使用悬臂梁式称重传感器或S型称重传感器。如图1和图2所示。

悬臂梁式称重传感器受力端与秤架之间可以通过连杆——上、下球头座用球面连接，这样传力精度高，可以有自动调心的功能；也可以直接用螺纹连接，需要调整好连接杆的长度和末端的连接结构；S型传感器与秤架之间一般用关节轴承连接，也具有自动调心功能，可以消除侧向力，并且润滑情况要优越，旋转灵活。

在称重传感器量程选择上，是根据皮带秤最大流量这个技术指标来选择实际量程。由于皮带张力和皮带自重的影响，称重传感器会受到一个初始载荷。一般的，初始载荷在称重传感器量程的20%

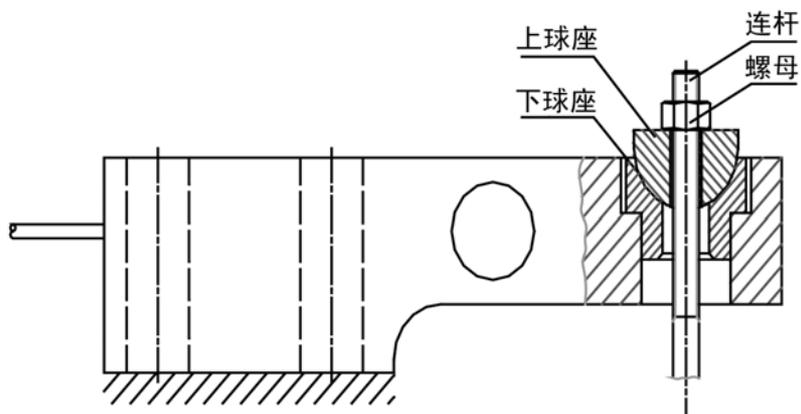


图1 悬臂梁传感器及球面联接件

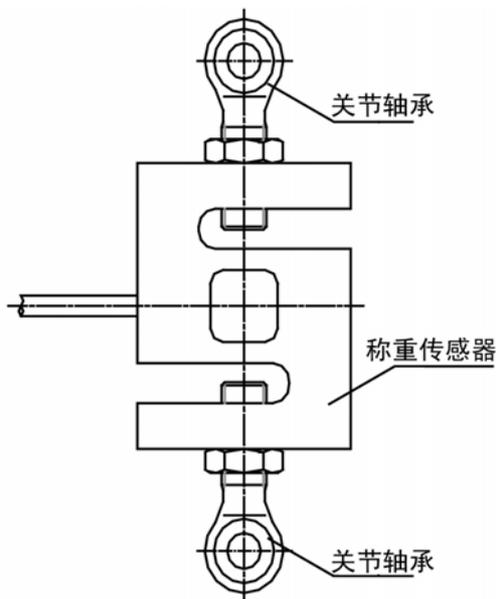


图2 S型传感器及关节轴承联轴器

左右，实际使用的量程在60%左右，留出量程的20%作为安全载荷，考虑振动、过载等的影响。也有按照30 40 30(初始载荷:使用载荷:预留量程)的比例来确定设计称重传感器的受力情况的。即：称重传感器使用量程一般在称重传感器满量程的70%~80%左右。

传感器的满量程信号输出计算公式如下：

$$S = K\varepsilon \frac{R_b}{R_{in}}$$

公式中的符号：S—灵敏度，一般为2 mV/V；

K—应变计灵敏系数，一般K=2.1；

R_b—称重传感器输出电阻；

R_{in}—称重传感器输入电阻。

灵敏度与称重传感器的受到的应变量成正比。设计中，取满量程时称重传感器对应的应变量为 $1200 \mu\varepsilon$ ，则称重传感器的灵敏度输出为 2mV/V ，70%~80%的应变量为： $840 \sim 960 \mu\varepsilon$ ；初始零点附近的 20%的应变量，其变形量为 $240 \mu\varepsilon$ 。对于物料输送量变化较大的皮带秤，称重传感器的受力在 $240 \sim 960 \mu\varepsilon$ 之间变化，一般皮带输送机会在最大输送能力的状态下运行，称重传感器的受力在 70%~80%之间变化。

三、称重传感器受到的振动

皮带输送机在运行中，由于物料的湿度、黏度等问题，会造成皮带粘附物料、托辊粘附上物料使托辊直径不均、被输送物料由于水分不同等影响造成重量不均匀等，会使皮带机产生机械振动。另外，在皮带机的开机运行（和关机运行）的过程中，皮带输送机整机的运行频率会由小变大（或由大变小），在频率变化的过程中，皮带输送机在某一频率点上会发生共振，使皮带产生较大的振幅，也会影响到传感器的性能和长期稳定性。所以，称重架附近的皮带机支撑架，应进行良好的固定，增加其强度、刚度，提高抗冲击能力。

一般皮带上粘附了物料和物料不均匀造成的振动，由于其粘附的长度不固定，输送的物料厚度不固定，所以属于一种不规则的振动；而托辊上粘附了物料造成的振动，属于一种周期性的振动。我们以后一种情况分析如下：

皮带秤的速度，由 $0.8 \sim 2.5\text{m/s}$ ， $0.8 \sim 3.15\text{m/s}$ ， $1.0 \sim 5.0\text{m/s}$ 等几种设计；对应的物体流量为 $40 \sim 500\text{t/h}$ ， $100 \sim 1000\text{t/h}$ ， $800 \sim 6000\text{t/h}$ ；设托辊的直径为 108mm ，其线速度计算公式为：

$$v = 2\pi r n \quad \text{m/s}$$

式中 n 为圈数/s。计算上述速度下，对应的托辊转数。

表 1 皮带秤线速度与旋转圈数的关系

序号	速度 m/s (秒)	圈数/s (秒)	圈数/h (小时)
1	0.8 ~ 2.5	2.36 ~ 7.37	8496 ~ 26532
2	0.8 ~ 3.15	2.36 ~ 9.29	8496 ~ 33444
3	1.0 ~ 5.0	2.95 ~ 14.74	10620 ~ 53064

若把上述数据当作是由于托辊粘附了物料使直径不均匀而产生了振动，设托辊粘附的物料面积较小，则可以简单地认为是每转动一圈振动一次。这个振动，通过秤架、连杆，直接传递到称重传感器上。

根据现有设计手册查到的数据显示，总结现有的试验数据，可以把加载频率分为如下三种范围：

- (1) 正常频率 ($5 \sim 300\text{Hz}$)；
- (2) 低频 ($0.1 \sim 0.5\text{Hz}$)；
- (3) 高频 ($300 \sim 10000\text{Hz}$)；

所以,皮带机托辊粘附物料使托辊直径不均匀造成的振动,属于正常频率振动范围,但接近于低频振动。

四、振动对称重传感器性能的影响

将钢、铝及其它高熔点的金属试样在不同的频率下进行试验,其结果说明,室温下的加载频率在相当大范围内变化时,对疲劳极限没有明显影响。

美国材料与试验学会(ASTM)根据他们的试验结果得出,至少在200~7000c/min的范围内,频率变化对疲劳强度不产生任何影响。他们发现,高频试验时试样发热,试样愈大发热越大、愈甚。但这种发热只是在足以引起材料发生蠕变时才起有害作用。

可以认为,在大气条件下,当试验温度小于50℃时,频率在正常频率范围内变化对于大多数金属(除了易熔合金及其它熔点低的金属)的疲劳极限没有影响。而低频使疲劳极限降低,高频使疲劳极限升高。因为低频振动条件下,容易造成疲劳裂纹扩展。

1、振动对称重传感器工艺布线的影响

由上述理论可知,低频振动,对易溶合金的疲劳极限是有影响的。在称重传感器上,主要就是对焊锡点的影响,应防止由于振动疲劳而发生开裂、脱焊。为了消除这种影响,在称重传感器的工艺布线及焊接中,就要认真进行考虑。在应变计制做过程中所焊接的应变计引线,一般是直径0.12~0.15mm的镀银铜线。由于焊工经过了培训上岗,并且是在显微镜下进行的专门焊接,焊点质量要求较高,质量较好,可以耐得住振动影响。当粘贴到称重传感器上之后,加压固化如果压力过高,会使焊点的熔点温度下降,接近应变胶的固化要求温度,发生焊点脱焊,造成焊点质量下降;在应变计组桥过程中,如果焊工技术不熟练,靠近应变计的第一个配线点焊接时间过长,通过引线传递到应变计上的焊点的热量过多,也会造成应变计上的焊点脱焊或者焊锡弱化,影响质量;有些称重传感器制造厂,喜欢在贴片后,将应变计的引线焊接去掉,直接用配线材和应变计连接,这样一是会省材料,二也因为减少了焊点,可提高效率,但是,应变计是处于应变区范围内,焊锡是低熔点合金,配线材的直径较应变计引线为粗,所以,一定要有良好的焊接技术,才可以进行这样的工艺焊接方法。所以,皮带秤用称重传感器从工艺布线上,就要考虑振动对称重传感器性能的影响。

2、振动对称重传感器性能的影响

超载静压、脉动疲劳,是消除称重传感器内应力的有效方法。以脉动疲劳的方法效果更佳。所以,皮带秤的连续运行所产生的机械振动,无形中消除了称重传感器的初始内应力,使称重传感器渡过初始不平衡期,而进入到稳定工作期。称重传感器的耐久性,在GB/T 7551-87《电阻应变称重传感器》中,有加速寿命试验与此相近。规定在称重传感器上施加30%~80%的额定载荷,每1min加载5~200次,用100000次循环的脉动载荷进行疲劳试验,频率相当于:0.08~3.33Hz。此时要求称重传感器的零点、灵敏度不能超差。标准规定,对0.02级的称重传感器,灵敏度不稳定的衡量是:在6个月中,变化量小于0.04%。济南金钟电子衡器股份有限公司早在90年代末期,曾经委

托山东工业大学做过合金钢传感器的疲劳试验，当时也是考虑用在配料皮带秤上。考虑到皮带秤运行速度、振动频率的特殊性，将频率定位 5Hz。现将试验情况列表如下：

表 2 称重传感器疲劳试验

序号	性能指标	试验前	50 万次试验后	100 万次试验后	150 万次试验后	单位
1	非线性	-0.016	-0.017	-0.018	-0.017	%F.S
2	灵敏度	2.000987	2.001413	2.001477	2.001523	mV/V
3	蠕变	0.011	0.007	0.007	0.010	%F.S/20min
4	滞后	0.021	0.026	0.024	0.026	%F.S
5	重复性	0.002	0.005	0.001	0.005	%F.S
6	蠕变恢复	-0.007	-0.006	-0.008	-0.008	%F.S/20min
7	输入电阻	437.92	438.56	437.80	437.66	Ω
8	输出电阻	352.68	352.33	352.30	352.66	Ω
9	零点	0.038	0.043	0.045	0.048	mV

试验条件如下：

称重传感器：S 型，2t；灵敏度：2mV/V；材质：40CrNiMoA 合金钢。

设备：Instron8502 型电液伺服疲劳试验机施加载荷循环，动态载荷精度不低于 0.005%，循环载荷最大值：Pmax = 1.6t，循环载荷最小值：Pmin = 0t；载重量 80%（也可以根据应变变量来设定最大变形量），循环频率 f = 5Hz；15V 直流稳压电源；FLUK8505A 数字电压表。前 50 万次每一万次循环记录一次零点示值，后 100 万次，每 50 万次记录一次零点示值。

由上表可以看出，灵敏度的变化在 0.00027（万分之二点七）左右。其余性能变化不大。蠕变变小的原因是因为称重传感器受到长时间的脉动疲劳，消除了应力影响，材料的强度提高的结果。

3、结论

通过表 1 和表 2 可知，当皮带秤受到 150 万次的循环疲劳时，其对应的皮带秤工作时间：带速 0.8~2.5m/s 的为 176~57 小时；带速 0.8~3.15m/s 的为 176~45 小时；带速 1~5m/s 的为 141~28 小时，所以从灵敏度降低这一方面考虑，皮带秤在工作一段时间后，应该进行量程校正。随着工作时间的延长，称重传感器的稳定性会增强，校正时间间隔可以增加。

五、结束语

本文只是分析了皮带输送机运行过程中，由于托辊受潮、粘附污物、灰尘而造成托辊直径不均，

在皮带机运行过程中产生振动对称重传感器性能的影响。并用试验数据证明：皮带秤长期工作时，称重传感器的性能变化不大，而称重传感器的灵敏度会发生变化，变化量在 0.027% 左右。所以皮带秤使用一段时间后，应进行校准。皮带秤的长期稳定性问题，受到多种因素的影响，称重传感器是其中之一。需要关心此事的同仁们共同努力，才能够在技术上有所突破。

参考文献

1. 赵少汴，王忠保，《抗疲劳设计》——方法与数据机械工业出版社。
2. 罗才生，邹炳易，张家玮，《皮带秤》中国计量出版社。
3. GB/T7551——87《电阻应变式称重传感器》。

作者简介

范韶辰（1961- ），男，1982 年毕业于山东工学院（现山东大学）机械系，本科，高工。济南金钟电子衡器股份有限公司副总。自 1986 年开始，从事称重传感器的设计及工艺研究。现为中国衡器技术专家委员会委员、职业教育工作委员会委员。

（作者通讯地址：济南市英雄山路 147 号，邮政编码：250002）