

称重显示器连接电缆的限制

中国计量科学研究院 周祖濂

一、前言

汽车衡这类大型衡器的称重显示器与传感器或接线盒之间往往需要用较长的电缆来连接。众所周知，由于温度变化对电缆电阻值的影响，会使传感器供桥电压发生变化，引起测量误差。国外一些称重显示器厂家早就对其连接电缆的阻值或长度提出了限制。现 OIML R76 号国际建议对此也提出了要求。

但是我想很多人不会考虑到，对连接电缆阻值或长度的限制不仅与温度有关，还与所连接的传感器的输入阻抗有关，与显示器使用的分度数有关。

二、电缆“误差”

这里所谓的电缆“误差”，是指称重显示器与传感器或接线盒之间连接电缆的阻值因温度改变带来的测量误差。传感器在出厂前必须进行温度补偿才能使计量指标在所要求的使用温度范围达到所规定的要求，通常对传感器的温度补偿分为不带电缆和带有连接电缆。但连接电缆长度一般不超过三米。在实际使用中这样的长度往往不能满足要求。特别大型衡器连接电缆长度往往长达数十米、甚至上百米。这样长的电缆电阻压降不仅使传感器的实际供桥电压明显小于供桥电压的名义值，即显示器的输出端的供桥电压。而且由于温度变化引起电缆阻值的变化，也会造成明显的测量误差。

电缆在称重系统中不是一个独立的组件，它本身不能完成特定的测量功能，也无法对它的影响进行单独的测定。但它是称重显示器必不可少的部分、是称重系统的一部分。在称重系统中，传感器是一个独立组件，而显示器加上电缆构成另一个组件。显示器的误差与电缆的误差是相关的，根据误差合成理论，这两项的误差计算应服从代数和相加（参看图 1）。对衡器而言，最大分度数 n_{\max} 与最大载荷 $load_{\max}$ 和分度值 e ，则

$$e = \frac{load_{\max}}{n_{\max}}$$

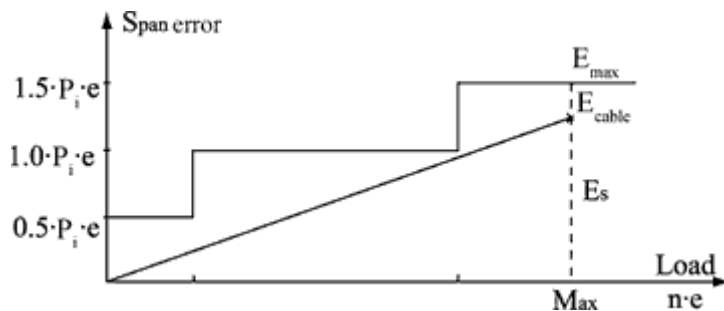


图 1

P_i 为衡器的误差分量系数，对于显示器通常取得 $P_i=0.5$ 。图 1 给出了显示器的 E_s ，电缆最大误差 $E_{\text{cable} \cdot \text{max}}$ 和显示器最终值的误差 E_{max} ，则有

$$E_s + E_{\text{cable} \cdot \text{max}} \leq E_{\text{max}}$$

电缆误差相对于最大量程的百分误差可表示为

$$E_{\text{cable} \cdot \text{max}} \% = \frac{P_i \cdot mpe \cdot 100}{n_{\text{max}} \cdot e} \% - E_s \%$$

电缆的最大允许误差是根据 E_s 的大小而定。

三、电缆的最大长度

根据上面确定的 $E_{\text{cable} \cdot \text{max}}$ 值，用实验方法或计算方法来确定电缆的最大长度或最大阻值。

1、实验法

首先测量在无连接电缆时 ($R_c=0$)，显示器在最小载荷 load_{mix} 和最大载荷 load_{max} 的显示值为 $DO1$ 和 $DO2$ 。并计算无连接电缆时的量程差。

$$S1 = DO2 - DO1$$

其次测量连接模拟阻值为 R 电缆时 ($R_c=R$)。显示器在最小载荷 load_{mix} 和最大载荷 load_{max} 的显示值 $DR1$ 和 $DR2$ ，计算有连接电缆时的量程差。

$$S2 = DR2 - DR1$$

再计算出有无连接电缆时，显示器的量程改变值为

$$ds = S2 - S1$$

和量程改变值的相对百分值为

$$ds \% = 100 \cdot ds / S1 \%$$

再根据接入电缆电阻值 R ，计算在连接模拟电阻情况下，每欧姆 (ohm) 的量程改变的相对百分值为

$$S_x = ds \% / R \quad [\% \text{每欧姆}]$$

导线的电阻的物理表示为

$$R = \rho \cdot L / q$$

其中 ρ 为导线的电阻率， $\rho_{20} = 0.0169 [\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}]$ 为 20°C 时，铜的电阻率。 L 为导线长度， q 为导线的截面积。电阻随温度变化相对 20°C 时的关系式为

$$R = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)]$$

对于面积为 1mm^2 的铜线，当温度在 20°C 上下改变 25°C 时， $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$ 。此时的电阻值为

$$R_{\Delta} = R_{20} (1 \pm 4 \cdot 10^{-3} \cdot 25)$$

$$R_{\Delta} = R_{20} (1 \pm 0.1)$$

由此可求出每改变 25°C 时，每欧姆的程改变相对百分值为

$$S_{x25} = S_x \cdot 0.1 [\% \text{ 每欧姆, 每 } 25^\circ\text{C}]$$

用 R_{cable} 表示所允许的连接电缆的最大电阻值，由此根据所确定的电缆误差的相对值，可求出电缆的最大允许电阻值和电缆的最大长度。参看图 2，此时电缆有两根导线与传感器的输入端相接，则有

$$E_{\text{cable}} \cdot \max \% = S_{x25} \cdot 2 \cdot R_{\text{cable}}$$

$$R_{\text{cable}} = E_{\text{cable}} \cdot \max \% \cdot \frac{1}{2 \cdot S_{x25}}$$

$$R_{\text{cable}} = E_{\text{cable}} \cdot \max \% \cdot \frac{1}{2 \cdot 0.1 \cdot S_x}$$

$$\text{和 } L_{\text{cable}} = q \cdot \frac{R_{\text{cable}}}{0.0169} [\text{m/mm}^2]$$

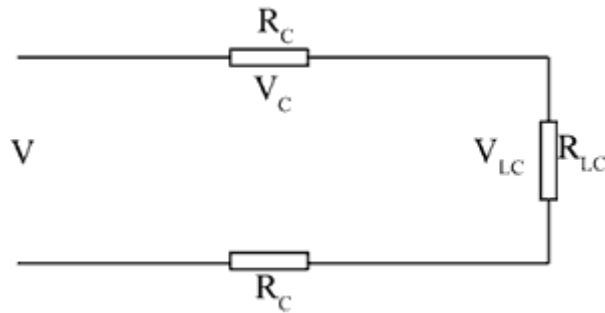


图 2

2、计算法

由图 2 可得以下诸关系式

$$\left(\frac{V_{LC}}{V} \right) = \frac{R_{LC}}{R_{LC} + 2R_C} \text{ 和每改变 } 25^\circ\text{C} \text{ 时的 } \left(\frac{V_{LC}}{V} \right)_{25} = \frac{R_{LC}}{R_{LC} + 2R(1 \pm 0.1)} \text{ 和 } (V_{LC}/V) \text{ 改}$$

变 25°C 时的相对变化的百分比值

$$|V_C| = \frac{(V_{LC}/V) - (V_{LC}/V)_{25}}{(V_{LC}/V)} \cdot 100\%$$

由于 $|V_C| = E_{\text{cable}} \cdot \max \%$ 最后可得

$$R_c = R_{LC} \cdot \frac{E_{\text{cable-max}} \%}{20 - E_{\text{cable-max}} \% (2 \pm 0.2)} [\Omega]$$

另外, $R_c = \rho \cdot L/q$

则显示器和接线盒或传感器之间电缆的最大允许长度为:

$$L_{\text{cable-max}} = q \cdot \frac{R_{LC} \cdot E_{\text{cable-max}} \%}{\rho [20 - E_{\text{cable-max}} \% (2 \pm 0.2)]} [\text{m}/\text{mm}^2]$$

和 $R_{c \cdot \text{max}} = \frac{R_{LC} \cdot E_{\text{cable-max}} \%}{20 - (1.8 \cdot E_{\text{cable-max}})} [\Omega]$

四、讨论

1、由于 $E_{\text{cable-max}} \%$ 的确定是根据衡器或显示器在使用时的最大分度数 n_{max} 确定, 只要进一步考虑就可发现它还与所连接的传感器输入阻抗有关, 还与显示器在高温限和低温限时的偏差值有关。

2、 E_s 值一般推荐根据在高温限时显示器的偏差值 E_{high} 和低温限时显示器的偏差值 E_{low} 的差值的一半来确定, 即 E_s 可选定为 $[|E_{\text{high}}| - |E_{\text{low}}|]/2$ 。所以若显示器的高、低温示值已非常接近它的最大允差值时, 连接满足允差长度的导线也不一定能确保显示器不超差。

3、高温时由于导线电阻值增加, 这会使加至传感器的供桥电压低于衡器在常温 (20°C 或 25°C) 时供桥电压, 使显示器显值偏低。反之低温时导线对显示器显值的影响相反。这种有时对传感器的温度特性是有利的, 有时是不利的。

4、从以上讨论可以看出对连接电缆的限制与显示器和传感器的温度特性有关, 对于需要精确测量的情况下, 最好根据实际使用的温度范围和显示器、传感器的温度特性仔细考虑或实测来确定电缆的影响。下面给出一些参考数据

截面积 mm^2	传感器电阻	分度数 n	并联传感器 1—4 只	并联传感器 6 只	并联传感器 8 只
0.34	350 Ω	3000	175m	125m	75m
	450 Ω		225m	150m	100m
	1100 Ω		225m	225m	225m
	350 Ω	6000	100m	100m	75m
	450 Ω		100m	100m	100m
	1100 Ω		100m	100m	100m
0.75	350 Ω	3000	300m	300m	200m
	450 Ω		300m	300m	250m
	1100 Ω		300m	300m	300m
	350 Ω	6000	250m	250m	200m
	450 Ω		250m	250m	250m
	1100 Ω		250m	250m	250m