

论外部气候条件对衡器的影响及合规措施

□上海大和衡器有限公司 陈日兴

【摘要】本文就衡器使用中的外部气候条件对衡器称重的影响，在外部气候条件中着重从大气压、温度、湿度、风力、雨雪等影响因素的概念着手，然后阐述了这些影响因素对衡器准确度的影响，最后列出了各类衡器对于外部气候条件的规定以及衡器企业应该采取的措施，以便引起衡器同行的重视。

【关键词】环境条件；气候条件；衡器

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2024) 08-0005-08

引言

众所周知，使用中的衡器都会遇到各种外部环境条件的干扰，从而影响衡器的称重准确度。衡器使用中的外部环境条件对衡器的影响，是一个很大且很重要的课题。所谓外部环境条件，既包括室内的环境条件，也包括室外的环境条件。室内外的使用环境条件主要包括温度、湿度、振动、机械约束与限制、电源电压、电流、频率、静电、重力加速度，以及大气压、刮风、降雨雪、气流、雷电等诸多室外气候影响因素。因此，需要对静态温度、湿热稳态、电压波动、交流电压暂降和中断、快速瞬变脉冲群、静电放电、浪涌、射频电磁场抗干扰、射频传导抗干扰、由公路车辆电源供电的衡器EMC特殊要求等一系列的规定以及测试。在衡器相关的国际建议和我国国内的标准和规程中，无论是非自动衡器还是自动衡器，在使用中都有明确的环境条件技术要求与相应的测试方法。本文着重阐述衡器使用中外部气候条件中的大气压、温度、湿度以及风力、雨雪、雷电对于衡器的称重准确度的影响。

1 大气压^[2]

1.1 概念

由于地球周围大气的重量而产生的压强，简称气压。

地球四周被大气层包围。大气层的空气可以向水那样自由流动，同时它也受重力作用。因此大气层内部各个方向都有压强，这个压强被称为大气压。

1.2 大小

(1) 海拔高度影响

在地球上随着海拔增高大气压随之减小，离地面越高的地方，大气层就越薄，气压就越小。但是，由于空气密度随高度变化不均匀，因此大气压随高度减小也是不均匀的。

(2) 湿度影响

由于湿度的原因，在不同时间，同一地方的大气压并不完全相同。由于水蒸气的密度比空气密度小，所以当空气中含有较多水蒸气时，空气密度要变小，大气压也随着降低。因此阴雨天的大气压要比晴天的大气压来得小。

(3) 温度影响

大气压的变化跟温度也有关系。因气温升高时空气密度变小，所以气温高时大气压比气温低时要小些。

结论：气压大小与高度、空气湿度、温度等条件有关。由于气压变化使得物体重量也随之变化。

1.3 标准大气压

(1) 概念

标准大气压(QNE)——是指在标准大气条件下海平面的气压。

在1954年第十届国际计量大会上，科学家对大气压规定了一个“标准”：在纬度45°的海平面上，当温度为0℃时，760毫米高水银柱产生的压强叫作标准大气压。

绝对压力——绝对压力是考虑到与完全真空或绝对零值相比，我们所居住的环境大气具有0.1MPa的绝对压力。在海平面上，仪表压力加上0.1MPa的大气压力，可得出绝对压力。高度越高大气压力就越低。气压表是用于衡量大气的压力，当加上仪表压力就可得出绝对压力。

绝对压力=压力计压力+大气压力

大气压力通常是以水银mm为单位，但是任何一个压力单位都能作出同样很好的解释：

1个物理大气压力=760毫米汞柱=10.33米水柱=1.033kgf/cm²≅0.1MPa

大气压同海拔高度的关系：

$$P = P_0 \times \left(1 - \frac{H}{44300}\right) \times 5.256 \text{mmHg}$$

式中：H——海拔高度，m；

P₀——大气压（0℃，760mmHg）。

（2）大小

1标准大气压=760毫米汞柱=76厘米汞柱=29.92英寸汞柱=1.013×10⁵帕斯卡=10.336米水柱=101325N/m²。记为1atm。

为方便起见，将1标准大气压定义为100kPa的，记为1bar。

压力单位：

MPa, Psi(lbf/in²); 1Psi=0.006895MPa; 1bar=0.1MPa; 1kgf/cm²=98.066kPa=0.098066MPa ≅0.1MPa; 1Pa=1N/m²; 1kPa=1,000Pa=0.01kg/cm²; 1MPa=106Pa=10kg/cm²

1.4 大气压与衡器的关系

由于大气重量而产生的压强变化可以造成大气压力变化，因此大气压力变化与物体重量的变化休戚相关。

在OIMLR60《称重传感器》^[6]中规定，当大气压力变化1kPa时，传感器输出变化不得大于最小检定分度值v_{min}。即使衡器用的传感器已经过大气压力影响试验，使用地点的温湿度等条件的变化也会造成空气中水汽压强的变化，以及大气环流、低气压、低压槽、高气压、高压脊等气候变化，从而影响到衡器的高准确度计量。

在衡器产品中，判断大气压力变化是否影响产品的准确度等级，主要看大气压变化影响所产生的误差是否小于衡器允许误差值，除了一些特殊高准

确度、高分辨率要求的场合，一般可以不必注意大气压的变化情况。

2 温度与湿度^[2]

2.1 温度

（1）温度概念

温度是标志物体内部分子热运动平均动能增减的物理量。衡器使用场地的温度变化是直接导致准确度下降的重要因素。

（2）温度的单位制

1) 摄氏温度(℃)

规定在1个大气压下的冰点为0度，沸点为100度，中间分为100等分，1927年第七届国际计量委员会规定，并于1968年10月修改确认的国际实用摄氏温度，单位是℃，符号用t表示。

2) 华氏温度(°F)

规定在1个大气压下的冰点为32度，沸点为212度，中间分为180等分，每等分为1°F，摄氏温度t与华氏温度F的换算关系为：

$$F = (9/5)t + 32$$

3) 热力学温度（开氏温度、绝对温度）

1927年第七届国际计量委员会采用，并于1960年10月规定的国际实用开耳芬温度，用单一水、冰、汽三相平衡共存点热力学温度273.16K（0.01℃）变成固定点来定义，国际单位制是开耳芬K，也称绝对温度符号为T。热力学温度与摄氏温度的换算关系为：

$$t = T - 273.15$$

（3）称重传感器长线温度补偿

六线制称重传感器的长线温度补偿的反馈功能，要求用电缆模拟电阻器对电缆长度的不同，受温度影响引起的量程变化进行测试。对零点与最大（模拟）载荷之间的量程与整个衡器温度范围相对应的温度变化，可能会引起电阻的变化。对应于最小与最大工作温度范围的电阻变化量ΔR_{Temp}，应用下列公式确定：

$$\Delta R_{\text{Temp}} = R_{\text{cable}} \cdot \alpha \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$$

式中：R_{cable}：单根线电阻，用下列公式计算：

$$R_{\text{cable}} = (\rho \cdot l) / A$$

式中：ρ——材料的特殊电阻（如铜：

$$\rho_{\text{copper}} = 0.0175 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$$

- l ——电缆长度，m；
- A ——单根线截面积， mm^2 ；
- α ——1/K 电缆材料的温度系数。

(4) 使用温度范围

一般情况下，衡器如无特殊要求，适用温度范围都为 $-10\sim+40\text{ }^\circ\text{C}$ ，衡器型式批准的温度测试也按此范围进行。在夏天烈日当空的露天条件下，特别是没有遮阳措施的各种衡器产品的金属表面温度一般要高出地面气温近 $10\sim30\text{ }^\circ\text{C}$ ，例如，当气温为 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 时，可测得产品的表面温度达 $40\sim60\text{ }^\circ\text{C}$ ，这与规定的使用场地的温度范围有较大的区别。还有，各种衡器产品，特别是直接与称物料接触的重力式自动装料衡器、连续、非连续累计自动衡器的计量现场，如果是称高温物料，则对于称重传感器的称量准确度也会造成影响。对于北方高寒地区，同样如不采取特殊措施， $-10\text{ }^\circ\text{C}$ 的使用温度也是远不够的。

另外，称重仪表一般在现场均放在控制柜内，如果控制柜放置在现场，夏天现场无遮阳措施或冬天无保温措施，则均会使仪表超过 $-10\sim+40\text{ }^\circ\text{C}$ 的范围。

(5) 温度适应性措施

一旦使用现场超出了规定使用温度范围的衡器，应该采取相应措施，保护现场使用的传感器或控制柜。

1) 对于计量箱中的高温环境，已有采取压缩冷却空气措施的实例；

2) 对于控制柜中的高温环境，已有采取风扇或空调散热降温措施的实例；

3) 对于料斗计量装置中的低温环境，已有采取电加热措施的实例。

2.2 湿度

(1) 概念

湿度表示大气干湿程度的物理量。常用绝对湿度、相对湿度来评定。

绝对湿度——单位体积空气中所含水蒸气的质量。例如， $20\text{ }^\circ\text{C}$ 空气中水蒸气达到饱和时，为 $17.3\text{g}/\text{m}^3$ 。

相对湿度——空气中实际所含水蒸气密度（或压强）和同温度下饱和水蒸气密度（或压强）的百分比值。单位为 % R.H。

(2) 环境湿度影响

通常情况下，OIML R60^[6]规定衡器型式批准的湿热测试仅做 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时50% R.H 到规定高温时85% R.H 再回到 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时50% R.H 的湿热稳定试验。但是实际上，在南方的梅雨季节，衡器现场的大气湿度要高出85% R.H。在广东等省大部分南方地区的雨季，实际水蒸气达到饱和（液体和蒸汽平衡），甚至墙壁滴水，相对湿度近100%。在这种现场使用的衡器，应保证重力式自动衡器相应准确度的计量。如果在产品标准或检定规程中，规定现场使用环境湿度不得大于85% R.H 或90% R.H。那么，大量露天或半露天甚至室内使用而无除湿措施的衡器，将无法在高湿气候条件下使用。

3 其他影响与制约^[2]

3.1 风力影响

(1) 概念

风的概念在气象上常指空气在水平方向的流动。通常用风向和风速（或风级）表示。风能使干冷和暖湿气流交换，风能使被称物体移动。因此，风力的大小将直接影响到露天和半露天使用衡器的计量准确度。

(2) 风力等级

风力的大小等级是根据风对地面物体影响程度而定出。一般称“蒲福（Francis Beaufort）风级”共分18个等级。现将部分较小的风级列表1：

表1 风力等级

风级	自由海面浪高		海岸船只征象	陆地地面征象	距地10 m 相当风速
	一般	最高			
0	/	/	静	静, 烟直上	0 ~ 0.2 m/s
1	0.1m	0.1m	渔船略觉摇动	烟能看出风向	0.3 ~ 1.5 m/s
2	0.2m	0.3m	渔船张帆, 可随风移动2~3km/h	人面感觉有风, 树叶微响, 风向标转动	1.6 ~ 3.3 m/s

风级	自由海面浪高		海岸船只征象	陆地地面征象	距地10 m 相当风速
	一般	最高			
3	0.6m	1.0m	渔船渐觉颠动, 可随风移动 5~6km/h	树叶及微枝摇动不息, 旌旗展开	3.4 ~ 5.4 m/s
4	1.0m	1.5m	船满帆, 使船倾一侧	树小枝摇动, 风吹纸	5.5 ~ 7.9 m/s
5	2.0m	2.5m	渔船收去部分帆	小树摇动, 水面小波	8.0 ~ 10.7 m/s
6	3.0m	4.0m	渔船加倍缩帆, 风险大	大树枝摇动, 举伞困难	10.8 ~ 13.8 m/s
7	4.0m	5.5m	渔船停泊港口, 下锚	全树摇动, 迎风步行不便	13.9 ~ 17.1 m/s
8	5.5m	7.5m	渔船靠港停留不出	微枝折毁, 人前行阻力大	17.2 ~ 20.7 m/s

从上述风级表中可看出, 当风级不低于2级时, 渔船张帆, 可随风移动2~3km/h。树叶响动, 风向标转动, 即可造成由小到大的称量误差。当风级不低于6级时, 就可能造成短时间内风速强弱变化剧烈的阵风, 甚至暴风。风除了水平方向移动外, 也可能从上到下倾斜或垂直移动, 此时对计量装置的称重影响更大。

(3) 风力的计算

要了解风力的大小, 首先应讨论风压的计算。根据伯努利方程可得出风的动压公式如下:

$$Wp = 0.5 \cdot \rho_0 \cdot v^2 \quad (\text{kN/m}^2)$$

式中: Wp ——风压, kN/m^2 ;

ρ_0 ——空气密度, kg/m^3 。

$$\rho_0 = r/g$$

式中: r ——重度;

g ——重力加速度, $g=9.8\text{m/s}^2$;

v ——风速, m/s 。

由此可推出标准风压公式为:

$$Wp = 0.5 \cdot r \cdot v^2 / g \quad (\text{kN/m}^2)$$

在标准气压状态下(温度 15°C 时), 空气重度 $r=0.01225 \text{ (kN/m}^3)$ 时风压为:

$$Wp = v^2 / 1600 \quad (\text{kN/m}^2)$$

由上式可知, 只要已知风速, 即可求得风压。现在我们将风级6级时最大风速 13.8 m/s 代入上式, 得到风压 $Wp=0.12 \text{ (kN/m}^2)$ 。也就是说每平方米的迎风面积承受约 0.12 kN 的风力。

(4) 风力对称量的影响

风力大小对被称物称量误差的影响可用下式表示:

$$N = Wp \times S \times \sin\theta \quad (\text{kN})$$

式中: N ——风力产生的垂直向下对计量装置的

分力, kN ;

Wp ——风压, kN/m^2 ;

S ——迎风面积, m^2 ;

θ ——风向与地面夹角, $^\circ$ 。

现举例一台固定式电子衡器, 6级阵风, 风向与地面夹角为 30° , 风压 $Wp=0.12\text{kN/m}^2$, 根据一般产品中承载器的迎风面积假设为 2m^2 , 风的推力即可达到 0.24kN , 而对被称物就可产生 0.12kN 的垂直分力, 也就是说对称量结果产生 12.2 kg 的误差。当风向与地面夹角为 45° , 当风的推力还是 0.24kN 时, 就可对被称物产生 0.17kN 的垂直分力, 也就是说对称量结果产生 17.3 kg 的误差。大家都知道, 一般在刮风季节, 6级以上的阵风也是很正常的, 但是, 如果风力大到7~8级以上, 推力增大, 上述的误差将更大。

3.2 雨雪影响

(1) 概念

降水物——从云、雾中下降的液态(如雨)或固态水分(如雪、冰雹), 或近地气层中水汽凝于物体上的霜、露均称为降水物。

降水量——在一定时段内, 降落到地面上的降水所积成的水层深度, 以毫米数表示。

(2) 雨雪对称量的影响

对于露天使用的料斗秤, 如果在下雨天继续计量, 即使不考虑天气湿度的影响, 也要考虑降水物对称量结果产生的影响, 照下式推算:

$$W = S \times h \times \rho \quad (\text{kg})$$

式中: W ——积水重量, kg ;

S ——积水分布面积, m^2 ;

h ——积水高度, m ;

ρ ——水的密度, $\rho=1000\text{kg/m}^3$ 。

由上式可以推算出, 由于雨水而对空秤零点产

生的称量误差。

上述问题说明了在下雨天时，如果计量将会带来很大的称量误差。现在一般检定机构知道雨天不能检定，但是用户在实际使用中重视雨天计量对称量结果的影响。

3.3 雷电影响

(1) 雷电形成

空气受热不均发生旺盛对流（热雷雨）；冷暖空气冲突促使暖湿空气剧烈上升（峰面雷雨）；暖湿空气在山坡迎风面被迫抬升（地形雷雨）。当云层间、云和地、云和空气间的电位差增大到一定程度，发生猛烈放电，空气强烈增热、水滴迅速汽化，体积激烈膨胀的现象。雷电可以直击雷、感应雷、雷电波、球形雷等各种形式对衡器造成破坏。

(2) 雷电对电子衡器的影响

随着电子衡器的微电子技术的广泛应用，雷电对设备的破坏途径如下：

①它可以导致称重数据信号发生错乱，也可能导致称重传感器或电路芯片直接损坏，使设备立即发生故障中断通信。

②雷击产生高压浪涌可使电子器件性能缓慢劣化而缩短使用寿命，从而使设备经常产生软故障直到最后电路失效。

4 室外使用衡器对于外部气候条件的约束合规及对应措施

4.1 OIML R76 对于室外使用衡器的规定

OIML R76-1 国际建议和等同采用的GB/T 23111《非自动衡器》国家标准3.9.5^[3]中规定：安装在室外的衡器，且没有采取适当保护措施防止大气环境影响时，一般衡器的最大检定分度数 $n=3\ 000$ 。此外，公路车辆衡器和轨道衡，其检定分度值不应小于10kg。这些限定同样适用于组合衡器或多范围衡器的每个称量范围及多分度衡器的每一局部称量范围。

笔者曾在2006年分别在中国衡协主办的技术研讨会论文《称重科技》和《工业计量》2006年第6期杂志上撰写了题为“关于露天使用衡器检定分度数 n 不能大于3000的论述”^[1]的论文，文中从理论上分析阐述了上述规定。衡器行业不少骨干企业也曾以此论文与用户做技术交流，作为供需双方合同交涉的理论依据。

4.2 电子衡器对于温、湿度的使用规定

在所有衡器相关的国际建议和我国国内的标准和规程中，无论是非自动衡器还是自动衡器在使用中对于温度都明确规定了以下技术要求：

(1) 衡器规定的通用温度范围

若在衡器的说明性标记中，没有特别规定工作温度范围，则无论是非自动衡器还是自动衡器，都应在下述温度范围内保持计量性能。 $-10\sim+40\text{℃}$ 。

(2) 衡器规定的通用工作温度界限范围

①除了非自动衡器、称重传感器和自动分检衡器是按不同等级规定不同的工作温度范围外，其他所有衡器的工作温度范围一般都为 30℃ 。衡器应在该温度范围内符合计量要求。

②OIML R76 国际建议和等同采用的GB/T 23111《非自动衡器》国家标准^[3]规定的特殊温度界限可以根据衡器的用途而选定。工作温度界限范围至少应等于：I级衡器为 5℃ ；II级衡器为 15℃ ；III和IIII级衡器为 30℃ 。

温度对空载示值的影响：对于I级衡器环境温度每变化 1℃ ，其他等级衡器的环境温度每变化 5℃ ，零点或零点附近示值变化应不大于1个检定分度值。对多分度衡器和多范围衡器，该要求适用于衡器的最小检定分度值。

(3) OIML R60 国际建议和GB/T 7551《称重传感器》国家标准规定的温、湿度条款^[6]

①称重传感器的正常工作条件如下所示：温度： $-10\sim+40\text{℃}$ （特殊工作条件由制造厂自行规定）；GB/T 7551规定的相对湿度： $\leq 90\%$ ；大气压力： $86\sim 106\text{ kPa}$

②工作温度界限范围：A级传感器 5℃ ；B级传感器 15℃ ；C级和D级传感器 30℃ 。

③温度对最小静载荷输出的影响：整个温度范围内，环境温度变化如下，传感器最小静载荷输出变化不大于分配系数乘以最小检定分度值的量：A级传感器， 2℃ ；B级，C级和D级， 5℃ 。

④湿热试验：本建议定义了3个等级：CH（标准的交变湿热），NH（无湿热）和SH（湿热稳态）。对于NH和SH等级应在传感器上标注，CH等级标记不是强制的。

(4) OIML R50 国际建议和GB/T 7721《连续累

计自动衡器（皮带秤）》规定^[4]

①特别指出皮带秤的温度范围应该适用于当地环境条件。

②零流量的温度影响：在运行中没有置零的情况下，零流量在相差5℃的温度下取得的两个累计示值之差应不大于累计期间最大流量累计载荷的下列百分数：对0.2级皮带秤为0.007%；对0.5级皮带秤为0.0175%；对1级皮带秤为0.035%；对2级皮带秤为0.07%。两个累计示值之间的温度变化率应不超过每小时5℃。

(5) OIML R51 国际建议和GB/T 27739《自动分检衡器》规定^[5]

①特殊温度极限：温度极限内的温度范围应至少等于：对于XI和Y(I)级衡器为5℃；对于XI和Y(II)级衡器为15℃；对于其他所有级别的衡器为30℃。

②空载示值的温度影响：对于XI和Y(I)级衡器周围温度每变化1℃，或对于其他等级的衡器周围温度每变化5℃，在零点或接近零点时的示值变化范围不应超过1个检定分度值。

(6) OIML R61 国际建议和GB/T 27738《重力式自动装料衡器》规定^[7]

温度对空载示值的影响：在规定温度下，环境温度每变化5℃，零点示值变化不应超过5.5节中规定的对于一个等于Minfill的载荷的影响因子试验的MPE。

(7) OIML R106 国际建议和GB/T 11885《自动轨道衡》规定^[8]

温度对空载示值的影响：在环境温度变化5℃的范围内，零点或接近零点示值的变化不得超过1个分度值。

(8) OIML R107 国际建议和GB/T 28013《非连续累计自动衡器》规定^[9]

①根据本地环境条件，温度范围限值至少等于30℃，温度上、下限值按表2选择：

表2 温度上、下限值

温度范围					单位
温度下限值	+5	-10	-25	-40	
温度上限值	+30	+40	+55	+70	

②温度对空载示值的影响：环境温度变化5℃时，零点或接近零点的指示值应在一个累计分度值(dt)内。

(9) OIML R134 国际建议和GB/T 21296《动态公路车辆自动衡器》规定^[10]

①温度对空载示值的影响：当环境温度每差5℃的情况下，衡器的零点或零点附近的示值变化应不大于1个分度值。

②湿度：在温度范围的上限和相对湿度为85%时，衡器应满足相应的计量性能要求和通用技术要求。

(10) OIML R150 国际建议《圆弧溜槽式连续累计自动衡器》规定^[11]

①特殊温度范围：在衡器描述性标识中表明，特殊温度范围(比如：-25~+55℃)。温度范围应该适用于当地的环境条件。

②零流量的温度影响：在运行中没有置零的情况下，零流量在相差5℃的温度下取得的两个累计示值之差应不大于累计期间最大流量累计载荷的下列百分数：对0.2级滑槽秤为0.007%；对0.5级滑槽秤为0.0175%；对1级滑槽秤为0.035%；对2级滑槽秤为0.07%。两个累计示值之间的温度变化率应不超过每小时5℃。

4.3 衡器产品的合规措施

针对上述衡器对于温湿度的相关规定以及所要开展的测试。所有衡器行业的制造商在与用户签订供需合同中，必须使本公司提供的产品的适用环境条件要符合用户现场的气候条件。

(1) 衡器产品设计阶段技术措施

首先衡器产品必须根据用户现场的气候条件，对照本公司标准产品的适用环境条件是否相符？如果不符合，应该采取特殊的设计方案。

温度范围设计措施

例一：对于北方地区的用户，由于昼夜温差较大，对于露天使用，在极端低寒的冬天没有温度防护措施的衡器，不能选用标准工作温度界限范围仅为30℃的称重传感器，并且工作温度下限必须符合当地的最低环境温度。如果称重传感器技术指标无法满足要求，则在产品的设计中，要考虑增加设计称重传感的恒温保护装置（其中包括传感器恒温加热器和温度控制装置）。以前衡器制造企业在动态轨

道衡产品的系统设计中，对于东北严寒地区的用户就设计采用了此类称重传感器的恒温保护装置。

例二：对于冶金行业的用户，在高温环境的衡器产品设计中，优先选用高温称重传感器。前几年衡器行业出台了QB/T 4929-2016《称重高温传感器》^[6]规定，“本标准适用于工作温度上限不低于100℃的电阻应变式称重传感器”。其中安全极限温度规定，“高于传感器规定的工作温度上限至少30℃，而不会使其技术和计量特性产生超过规定值的永久性改变的最高温度”。也就是说，一旦称重传感器的工作温度高于130℃，如果没有经过测试就无法正常使用。但是用户不少现场在线衡器的环境温度都超过200℃，例如钢水温度高达1650℃，钢水包称量装置的环境温度高达200℃以上；称重传感器要求耐高温≥200℃以上，现场信号传输电缆也要求耐高温≥250℃。根据上述环境条件，除了要求衡器制造商需要设计选用工作温度超过200℃的称重传感器以外，在无法满足此现场环境条件的情况下，必须采用辅助设计隔热与高温防护措施。

其他气候条件的设计措施

例一：对于露天24小时不间断工作的衡器，如果没有气候条件的特殊防护措施，就会有以下的不利因素，影响称重的准确性。

a. 白天阳光照射的变化造成传感器表面温度的不平衡

露天使用的衡器由于没有遮阳篷，夏天阳光随着时间的推移照射在承载器上的阳光面积会随之变化，也会造成传感器外壳表面温度不均匀。在用户现场，常常听说露天使用衡器早晚和中午的衡器零点变化很大，甚至在检定时不同时间段会出现系统灵敏度的不一致。因此，需要我们在产品设计中考虑各种技术措施，例如对称重传感器增设保护装置，或者进行外部均温区的补偿等等，国内已有传感器厂商采取类似的技术措施。

b. 下雨雪，由于湿度和盐雾的影响，再次造成衡器称重的不稳定

众所周知，目前国内外的称重传感器关于湿热试验的标准常规做到85%R.H，而在我国南方的梅雨季节的空气湿度接近100%R.H是常事，甚至室内墙壁出现滴水现象。对此我们在控制室内可以安装去

湿装置，但室外空气湿度大于65%R.H时，室外衡器表面会附着厚度大到0.01 μm左右的水膜，加速金属表面的腐蚀。称重传感器的密封效果如果不好，会降低电阻应变计的绝缘电阻，造成零点输出的变化。如何解决潮湿问题？除了应在称重传感器外壳采用抽真空全密封激光焊接的技术措施外，在特殊应用场合的称重传感器的交变湿热试验中，应模仿用户现场的湿热条件进行试验。在沿海地区安装的衡器，还应注重海水中的潮湿空气产生盐雾腐蚀的影响，建议增加盐雾试验项目。

c. 刮风下雨雪造成承载器的初始零点变化

本文3.1节中已经介绍了一台固定式电子衡器在6级阵风时，风的推力即可达到0.24kN，而垂直力对承载器影响使得称量结果会产生10kg以上的误差。因此，无论是国际建议还是国家标准都规定了，如果露天使用的衡器，如果没有有效的防护措施，衡器检定分度值不允许小于10kg，检定分度数不允许大于3000。如果用户想要突破此规定，则需要在现场增加设计各种有效抵抗环境条件不利因素的防护措施。

d. 大气压变化造成衡器灵敏度的变化

在我国由于绝大多数地区大气压对中准确度等级、普通准确度等级的衡器计量性能影响较小，一般不必考虑大气压的变化情况。但是大气压变化对于高准确度等级的衡器的计量性能是有影响的，在产品设计与调试时一定要注意大气压浮力的影响。

e. 雷电造成称重系统瘫痪

对于露天使用的各种衡器在新产品的定型设计时必须通过产品的全性能试验，特别是电磁兼容的试验。我们经常会听到某地用户由于雷击使得露天使用的衡器瘫痪的信息，对于雷电的现象似乎防不胜防。笔者认为，雷击现象属于自然灾害，解决雷击问题是露天使用衡器用户的系统工程。对于衡器设备制造商来说是如何做到衡器设备的防雷？为避免直击雷、感应雷、雷电波以及球形雷的侵入，防止瞬间过电压与地电位反击，建议用户在室外衡器周边不同使用范围内选用各种不同性能的防雷器（SPD）。在衡器周围提供高效的接闪体，安全引导雷电流入地，完善低电阻地网，清除地面回路，完善电源浪涌冲击防护、信号及数据线瞬变防护。

f. 由于温度影响，承载器因热胀冷缩使称重传感

器偏载产生的误差

露天使用的电子汽车衡、轨道衡产品的承载器纵向尺寸一般都较大，由于现场的气温变化较大，使得承载器纵向热胀伸长、冷缩变短。

钢材温度变化后长度增量 ΔL 公式如下：

$$\Delta L=L_0 \times \alpha \times \Delta t$$

式中： L_0 ——钢材在参考温度下的长度，mm；

α ——钢材热膨胀系数， $\alpha=1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ；

Δt ——温度变化量， $^{\circ}\text{C}$ 。

例如：根据上述公式计算，如果承载器长度按10m，温度变化按30 $^{\circ}\text{C}$ 计算，则承载器温度变化后长度增量为3.6mm。此长度变化一方面使得称重传感器的加载点产生位移，增加了侧向倾斜载荷。另一方面对于某些产品结构的限位装置会产生附加力，这两种情况都会产生衡器的称量误差。我们在产品设计阶段，首先应该根据承载器热胀冷缩的位移量计算出称重传感器加载点的偏载角度，在称重传感器配套的设计指标中，应该有侧向力的补偿措施。而对于某些产品的限位装置，特别是动态轨道衡、动态汽车衡的限位结构设计，应考虑减少由于热胀冷缩造成的附加力的产生。

(2) 衡器产品安装调试阶段的措施^[2]

衡器产品在安装调试前应根据当前室外环境气候条件确定能否正常安装调试。调试中应观察温度计，每小时变化率不超过5 $^{\circ}\text{C}$ 。在进行产品性能调试现场时，记录温度，测算最大温差不得超过规定温度界限的1/5，并不大于5 $^{\circ}\text{C}$ 。进入装配调试现场时，记录相对湿度。

对于在室外进行的操作，装配调试前应观察了解当地天气变化情况，规避风力、降水和气流对产品装配调试质量的影响。遇有刮风、降雨雪或打雷天气，当气压变化气流足以影响产品质量和计量性能时而又没有任何防护措施，应停止工作，待采取措施后再进行。

5 结语

本文从介绍大气压、温度、湿度、风力、雨雪、雷电等基本概念出发，着重阐述衡器使用中外部气候条件的温度、湿度、大气压、以及风力、雨雪、雷电对于衡器的称重准确度的影响。同时介绍了各类衡器相关的国际建议和国家标准中关于衡器工作温度范

围、空载示值的温度影响、湿度、大气压等条件的规定，最后阐述了衡器设计和安装调试阶段对于外部气候条件所采取的措施，供衡器同行参考。

参考文献

- [1] 陈日兴. 关于露天使用衡器检定分度数n不能大于3000的论述[J]. 《工业计量》2006年第6期. 北京2006.
- [2] 陈日兴. 衡器整机装配调试工(初级)(中级)(高级)(技师)[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社2015.
- [3] OIML R76 国际建议. GB/T 23111 《非自动衡器》国家标准[S].
- [4] OIML R50 国际建议. GB/T 7721 《连续累计自动衡器(皮带秤)》国家标准[S].
- [5] OIML R51 国际建议. GB/T 27739 《自动分检衡器》国家标准[S].
- [6] OIML R60 国际建议. GB/T 7551 《称重传感器》. QB/T 4929-2016 《称重高温传感器》标准[S].
- [7] OIML R61 国际建议. GB/T 27738 《重力式自动装料衡器》国家标准[S].
- [8] OIML R106 国际建议. GB/T 11885 《自动轨道衡》国家标准[S].
- [9] OIML R107 国际建议. GB/T 28013 《非连续累计自动衡器》国家标准[S].
- [10] OIML R134 国际建议. GB/T 21296 《动态公路车辆自动衡器》国家标准[S].
- [11] OIML R150 国际建议. 《圆弧溜槽式连续累计自动衡器》[S].

作者简介

陈日兴(1946—)，男，享受国务院颁发政府特殊津贴工程技术类专家。原任上海大和衡器有限公司总工程师，现任《衡器》杂志编委会副主任委员，中国衡器协会发展战略咨询委员会委员，中国衡器协会专家技术委员会顾问，中国衡器协会团体标准技术委员会顾问。2019年荣获中共中央、国务院、中央军委联合表彰颁发的国庆七十周年纪念奖章。研究方向：衡器产品研发与标准、计量。国内、外发表技术论文110余篇。