

Max=150t, e=20kg 汽车衡称量误差校核的探讨

济南金钟电子衡器股份有限公司 姜来军 何小峰

【摘要】 本文在假设衡器均匀负载的理想条件下,校核了采用不同准确度称重传感器, Max = 150t, e = 20kg 汽车衡的最大误差(常温下)和温度对空载示值的影响误差。

【关键词】 准确度; 最大误差; 最小检定分度值; 温度零点

概述: 对于Max=150t, e=20kg的Ⅲ级汽车衡, 其分度数 $n=Max/e=7500$, 根据GB/T7723 固定式电子衡器中 6.2.6 条的要求: 对于每只称重传感器, 称重传感器的最大分度数 n_{LC} 应不大于衡器的检定分度数 n , $n_{LC} \geq n$ 。按此要求, 无论使用几只称重传感器, 必须满足称重传感器的最大分度数 $n_{LC} \geq 7500$, 意味着称重传感器的准确度将达到C7.5。做为贸易计量的汽车衡准确度为Ⅲ, 使用的称重传感器以C3 级最为常见, 目前市场上也确实存在这样的需求和应用, 因此, 需要加以校核、验证。

本次着重讨论具有代表性的客户要求, 如准确度为Ⅲ的汽车衡, Max=150t, e=20kg, 配置为 8 只 C3 级 50t 称重传感器。按这样的配置, 能否满足 Max=150t, e=20kg 的衡器要求? 以下从常温条件下的汽车衡最大误差及温度对空秤示值的影响误差方面进行校核。

1 衡器和称重传感器的计量性能要求

1.1 根据 JJG555-1996 非自动秤通用检定规程(4.1.1、4.4.1、4.8.3.3 条)确定有关汽车衡的主要计量要求。

准确度: Ⅲ

称量: Max=150t

检定分度值: e=20kg

最大允许误差:

最大允许误差 mpe		施加的载荷 m 以检定分度值 e 表示	称量范围
±0.5e	±10kg	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 10t$
±1.0e	±20kg	$500 < m \leq 2000$	$10t < m \leq 40t$
±1.5e	±30kg	$2000 < m \leq 7500$	$40t < m \leq 150t$

温度对空载示值的影响: $\pm e/5^\circ\text{C} = \pm 20\text{kg}/5^\circ\text{C}$

其它误差这里不做讨论。

1.2 JJG555-1996 非自动秤通用检定规程中有关称重传感器的要求(5.8 条)

称重传感器的最大称量应符合下述要求: $E_{\max} > Q \cdot Max \cdot R/N = 37.5t$

注：这里 Q 取 2，R=1，N=8

称重传感器的最大分度数：

JJG555 中 5.8.2 和 GB/T7723 固定式电子衡器中 6.2.6 条称重传感器最大分度数的描述相同：对于每只称重传感器，称重传感器的最大分度数 n_{LC} 应大于衡器的检定分度数 n ， $n_{LC} \geq n$ 。

要制造 Max = 150t，e = 20kg 的 III 衡器，称重传感器的最大分度数应达到 $n_{LC} = 7500$ 才能满足要求。

称重传感器的最小检定分度值： $v_{min} \leq e \cdot R/N^{1/2}$

$$v_{min} \leq 20/8^{1/2} = 7.07\text{kg} \quad (R=1, N=8)$$

1.3 配置的 C3 级称重传感器的参数：

$$E_{max} = 50000\text{kg}$$

$$v_{min} = 5\text{kg}$$

2 计量性能校核

2.1 汽车衡的最大误差校核

在 GB/T7723 和 OIML R76 中均没有提到多只称重传感器使用时对称重传感器的误差要求。首先使用常见的 C3 级称重传感器校核衡器的最大误差。

校核条件：按理想情况下，称重传感器按最大误差来校核衡器的综合误差。理想情况是指载荷均匀分布在承载器上，不考虑温度变化。

大多数衡器将称重传感器用于测量范围远远低于其额定量程的场所。称重传感器测量范围 (MR) 规定为测量结果不会受到超出最大允许误差的误差影响范围。可以使用下面的等式表示：

$MR = D_{max} - D_{min} = n \cdot v$ 其中，n 表示检定分度数，v 表示称重传感器检定分度值，用质量单位表示。据此确定如下的校核方法：

将汽车衡的分段最大称量范围平均分配到每只称重传感器，再将每只称重传感器的所分配的负荷按所采用的称重传感器准确度等级，计算出所属称量范围，得到每只称重传感器在其所使用量程段的误差。将 n 只称重传感器的最大误差求和，即为称重传感器的总误差，此误差与对应的汽车衡分段误差做比较。采用这种将 n 只称重传感器的最大误差简单的叠加的方法，得到的是理想情况下的极差，该计算误差的方法，是在衡器配置的传感器计量特性保持一致的特例条件下进行的。

根据设定的校核条件，每个称重传感器的负荷均匀，则每个称重传感器的分得的最大载荷为 $Max/N = 150000/8 = 18750\text{kg}$ (这里 N=8)，计算每只称重传感器分得的最大载荷占称重传感器最大称量的百分比为： $Max/8 / E_{max} = 150000/8 / 50000 = 37.5\%$ ，以下按 C3 级校核称重传感器的最大误差。

称重传感器的检定分度值： $v=50000*37.5\%/3000=6.25\text{kg}$ ， $v>v_{\min}$ 。

汽车衡的允许误差与 8 只称重传感器的总误差的对比见表 1

表 1

汽车衡的最大允许误差		汽车衡的称量范围	载荷 m 以检定分度值 e 表示	每只称重传感器的载荷，以 m 表示	每只称重传感器载荷按 C3 级误差带分段	每只称重传感器的最大允许误差 Er	8 只称重传感器的总误差 8*Er
±0.5e	±10kg	0≤m≤10t	0≤m≤500	0≤m≤1.25t	0≤m≤1.25t	±0.35v	±17.5kg
±1.0e	±20kg	10t<m≤40t	500<m≤2000	1.25t<m≤5t	1.25t<m≤3.125t	±0.35v	±17.5kg
					3.125t<m≤5t		
±1.5e	±30kg	40t<m≤150t	2000<m≤7500	5t<m≤18.75t	5t<m≤12.5t	±0.7v	±35kg
					12.5t<m≤18.75t		

表 1 中是按 8 只称重传感器的平均分得的最大载荷下，累计其最大误差来校核衡器的最大误差，是按均匀载荷下称重传感器最大误差计算，实际出现这样的情况虽然极少见，但是理论上是存在的。因此，采用 8 只 C3 级传感器，理论上不能满足 Max = 150t，e = 20kg 汽车衡的最大误差要求。以下计算采用 C4、C6 级传感器时，在上述规定的校核条件下称重传感器总误差的理论计算情况：

C4 级传感器， $v = 18750\text{kg}/4000 = 4.6875\text{kg}$

汽车衡的最大允许误差		汽车衡的称量范围	载荷 m 以检定分度值 e 表示	每只称重传感器的载荷，以 m 表示	每只称重传感器载荷按 C3 级误差带分段	每只称重传感器的最大允许误差 Er	8 只称重传感器的总误差 8*Er
±0.5e	±10kg	0≤m≤10t	0≤m≤500	0≤m≤1.25t	0≤m≤1.25t	±0.35v	±13.125kg
±1.0e	±20kg	10t<m≤40t	500<m≤2000	1.25t<m≤5t	1.25t<m≤2.34375t	±0.35v	±13.125kg
					2.34375t<m≤5t		
±1.5e	±30kg	40t<m≤150t	2000<m≤7500	5t<m≤18.75t	5t<m≤9.375t	±0.7v	±26.25kg
					9.375t<m≤18.75t		

采用 8 只 C4 级称重传感器，在规定的校核条件下，仍不能满足 Max = 150t，e = 20kg 衡器的最大误差要求。

C6 级传感器， $v = 18750\text{kg}/6000 = 3.125\text{kg}$

汽车衡的最大允许误差		汽车衡的称量范围	载荷 m 以检定分度值 e 表示	每只称重传感器的载荷，以 m 表示	每只称重传感器载荷按 C3 级误差带分段	每只称重传感器的最大允许误差 Er	8 只称重传感器的总误差 8*Er
±0.5e	±10kg	0≤m≤10t	0≤m≤500	0≤m≤1.25t	0≤m≤1.25t	±0.35v	±8.75kg
±1.0e	±20kg	10t<m≤40t	500<m≤2000	1.25t<m≤5t	1.25t<m≤1.5625t	±0.35v	±8.75kg
					1.5625t<m≤5t		
±1.5e	±30kg	40t<m≤150t	2000<m≤7500	5t<m≤18.75t	5t<m≤6.25t	±0.7v	±17.5kg
					6.25t<m≤18.75t		

采用 8 只 C6 级称重传感器，在规定的校核条件下，可以满足 Max = 150t，e = 20kg

衡器的最大误差要求，其使用的称重传感器的最小检定分度值 $v_{\min} \leq 3.125\text{kg}$ 。

2.2 温度对空载示值的影响校核

温度对零点载荷输出或灵敏度的影响为称重传感器输出的固定误差百分比，不因称重传感器秤量使用的大小而变化。最小检定分度与温度对零点载荷的影响有直接关系，根据 JJG555 中 5.8.1.3 条的要求，当环境温度每差 5°C 时，衡器的零点或零点附近的示值变化应不大于 1 个检定分度值 e 。

以下对使用 C3 级称重传感器的汽车衡，计算温度使用范围内空秤示值的影响：

温度对汽车衡的每只 C3 级称重传感器的最小静负荷输出的影响为： $C_M/5^{\circ}\text{C} \leq 0.7v_{\min} = 3.5\text{kg}$ ，假设每只 C3 级称重传感器的温度对最小静负荷输出的影响均取极限值，则 8 只称重传感器温度变化 5°C 的总零点变化为： $3.5 \times 8 = 28\text{kg} = 1.4e$ 。显然超出了汽车衡的 1 个检定分度值 e ($e=20\text{kg}$) 的要求。

从温度对空载示值的影响这项指标看，C3 级传感器制作 $n=7500$ 分度的衡器，存在不确定性，极易超差。若要完全满足要求，到达每变化 5°C ，衡器的显示变化不大于 1 个 e ，反推计算可得到称重传感器的温度对最小静负荷输出的影响小于：

$$e/8/5^{\circ}\text{C}/E_{\max} * 10^6 = 20\text{kg}/8/5^{\circ}\text{C}/50000\text{kg} * 10^6 = 10\text{ppm}/^{\circ}\text{C}。$$

若采用 C6 级称重传感器 ($v_{\min} \leq 3.125\text{kg}$)，则其温度对最小静负荷输出的影响为：

$$0.7v_{\min}/5^{\circ}\text{C}/E_{\max} * 10^6 = 8.7\text{ppm}/^{\circ}\text{C}，可以满足要求。$$

3 总结

以上在规定的理想条件下，探讨了采用 8 只 $E_{\max} = 50000\text{kg}$ 的 C3、C4、C6 级称重传感器，制作 $\text{Max} = 150\text{t}$ ， $e = 20\text{kg}$ 汽车衡，其最大误差的校核计算。计算表明只有采用 C6 级的称重传感器，且最小检定分度值 $v_{\min} \leq 3.125\text{kg}$ ，其温度对最小静负荷输出的影响控制在 $10\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以内，才能满足汽车衡的最大误差和温度对空载示值的影响指标。

参考文献

JJG555-1996 《非自动秤通用检定规程》

GB/T7551-2008 《称重传感器》

GB/T7723-2008 《固定式电子衡器》

作者简介

姜来军，男，44 岁，高级工程师，济南金钟电子衡器股份有限公司技术中心传感器产品部经理，从事称重传感器的产品设计、研发工作 20 年。