

浅谈重力式自动装料衡器检定装置建标研究

Discussion on the Establishment of Calibration Device of Gravity Type Automatic Loading Weighing Machine

俞如礼

Ruli Yu

长汀县质量计量检测所
中国·福建 龙岩 366300
Changting County Quality Measurement and
Inspection Institute,
Longyan, Fujian, 366300, China

【摘要】重力式自动装料衡器广泛应用于商品混凝土搅拌站、公路铁路工程搅拌站、饲料厂等各行业对散状物料的定量称量。为保持中国量值传递的准确可靠,建立重力式自动装料衡器相关计量标准来监督量值传递工作就显得尤为重要。

【Abstract】Gravity automatic weighing device is widely used in the quantitative weighing of bulk materials in commercial concrete mixing station, highway and railway engineering mixing station, feed factory and other industries. In order to maintain the accuracy and reliability of the value transfer in China, it is particularly important to establish the relevant measurement standards of gravity automatic weighing apparatus to supervise the value transfer.

【关键词】计量检定;标准;评定

【Keywords】metrological verification; standards; evaluate

【DOI】10.36012/etr.v1i4.715

1 引言

根据 JJF 1033—2016《计量标准考核规范》,文章涉及的建标技术报告内容如下:①建立计量标准的目的;②计量标准的工作原理及其组成;③计量标准器及主要配套设备;④计量标准的主要技术指标;⑤环境条件;⑥计量标准的量值溯源和传递框图;⑦计量标准的稳定性考核;⑧检定或校准结果的重复性试验;⑨检定或校准结果的不确定度评定;⑩检定或校准结果的验证;⑪结论;⑫附加说明。

2 计量标准器及主要配套设备中标准器的选择

分离式:电子天平、台秤、地上衡等非自动衡器。

集成式:自动装料衡器整体的一部分。

要求:物料检定之前立即校准或检定的,应保证其误差小于或等于自动称量的最大允许误差和最大允许预设值误差(若适用)的 1/3,其他情况的 1/5^[1]。

依据:JJG 564—2002《重力式自动装料衡器(定量自动衡器)检定规程》5.4 各准确度等级的允许误差限。

例 1:欲申请的授权范围为 400mg~5000kg, X(0.1)级。5000kg 装料最大允许预设值误差:5000kg×0.03%=1.5kg=1500g,故若是立即校准或检定,最大称量 5000kg 的电子地上衡误差≤1500g/3=500g,数字指示秤检定规程规定分度值 $n \leq 10000$ (即分度值不能小于 500g),故该电子地上衡需利用闪变点来求化整前误差。再如,20kg 装料最大允许预设值误差:20kg×0.03%=6g,假如非现场立即检定,则其误差不大于 1.2g。那么 60kg 电子秤, $n=3000$, $d=20g$ 就无法满足技术要求,因此,应该选择 60kg 电子秤, $n=6000$, $d=10g$ 就能够满足技术要求。

例 2:欲申请的授权范围 400mg~5000kg, X(0.1)级。400mg 装料最大允许预设值误差:400mg×0.23%=0.92mg,故电子天平实际分度值至少不能超过 0.92mg/5=0.18mg,所以,至少要配一台 10000/1 天平,勉强够用。

3 检定或校准结果的不确定度评定

3.1 概述

测量依据:JJG 564—2002《重力式自动装料衡器(定量自动衡器)检定规程》。

环境条件:常温、相对湿度小于 85%。

测量标准:控制衡器为型号 TCS-60(Max=60kg, e=d=10g)的中准确度级电子秤。

被测对象:准确度等级为 X(0.5)级,型号规格为 TCDF(Max=50kg, e=d=10g)的定量包装秤。

测量过程:把装料衡器已定量出料好的试验装料放到控制衡器上进行称量,确定试验装料质量的约定真值^[2]。

3.2 测量模型

$$md = M - \bar{M} = I + 0.5e - \Delta L - \bar{M}, \text{其中 } \bar{M} = \sum_{i=1}^n \frac{I_i + 0.5e - \Delta L_i}{n} \quad (1)$$

$$se = \bar{M} - M_p \quad (2)$$

式中:md 为每次装料与装料平均值的偏差;M 为每次装料质量的实际值; \bar{M} 为实际装料质量的平均值;I 为单次试验装料在控制衡器上称量的示值; ΔL 为单次试验装料在控制衡器上称量,求化整前示值所使用的砝码;se 为预设值误差; M_p 为预设装料值。

当控制衡器分辨力足够时, ΔL 、 ΔL_i 取值为 0.5e。

3.3 输入量的标准不确定度评定

分析测量模型可知,输入量有 I、 ΔL 、 \bar{M} 。针对输出量 md 虽然输入量 \bar{M} 含有 I、 ΔL_i 但考虑已有单独对输入量 I、 ΔL 进行标准不确定评定,故 \bar{M} 的标准不确定度主要由测量重复性引入。针对输出量 se,输入量 \bar{M} 的标准不确定度应由 I、 ΔL_i 及测量重复性引入,输入量 M_p 主要由被测衡器分度值引入。故输入量的标准不确定度评定内容如下。

3.3.1 输入量 I 引起的标准不确定度分量 u(I) 评定

输入量 I 的标准不确定度 u(I) 来源于控制衡器的误差,采用 B 类方法进行评定。

分离式控制衡器采用周期检定,根据 JJG 564—2002《重力式自动装料衡器(定量自动衡器)检定规程》8.2.1.1 款,控制衡器检定时应保证误差不大于 mpd 和 mpse 的 1/5。本次测量对象是准确度等级为 X(0.5)级的重力式自动装料衡器,故控制衡器允许误差半宽为 25kg×0.13%÷5=0.013kg,属于均匀分布,包含因子 k=√3,故标准不确定度 u(I)= $\frac{0.013\text{kg}}{\sqrt{3}}$ =0.008kg。

3.3.2 输入量 ΔL 引起的标准不确定度分量 u(ΔL) 评定

输入量 ΔL 的标准不确定度 u(ΔL) 来源于为提高控制衡器分辨力所使用的闪变点砝码,该分量很小,可以忽略。

3.3.3 输入量 \bar{M} 引起的标准不确定度分量 u(\bar{M}) 评定

针对输出量 md,输入量 \bar{M} 的标准不确定度 u₁(\bar{M}) 来源于测量重复性,采用 A 类评定。

装料质量为 50kg,依据 JJG 564—2002《重力式自动装料衡器(定量自动衡器)检定规程》的规定,需要对装料衡器进行 20 次装料,测量结果如表 1 所示。

表 1 重复性试验测量列

测量次数	测得值(kg)	测量次数	测得值(kg)
1	50.018	11	49.999
2	49.982	12	49.980
3	49.984	13	50.020
4	50.012	14	49.980
5	50.004	15	50.000
6	50.016	16	49.960
7	50.000	17	49.976
8	50.002	18	49.966
9	49.972	19	50.000
10	49.960	20	49.980

$\bar{M}=49.991\text{kg}$, 根据贝塞尔公式可得单次实验标准差为 S

$$(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.019\text{kg}。 \text{因为 } md \text{ 为单次装料质量值与装}$$

料平均值之差,故 u₁(\bar{M})=0.019kg。

针对输出量 se,输入量 \bar{M} 的标准不确定度 u₂(\bar{M}) 来源于 I、 ΔL_i 及测量重复性,且应有 u(I)=u(I),u(ΔL_i)=u(ΔL)。由于 se 为 20 次装料平均值与预设值之差,故测量重复性引入的标准不确定度为 u₁(\bar{M})/√20=0.005kg。因此,u₂(\bar{M})=√(0.008²+0+0.005²) kg=0.009kg。

3.3.4 输入量 M_p 引起的标准不确定度分量 u(M_p) 评定

该分量只针对输出量 se,输入量 M_p 的标准不确定度 u(M_p) 来源于被测衡器的分度值,采用 B 类评定。本次测量的重力式自动装料衡器分度值 d=0.01kg,故有 u(M_p)= $\frac{d}{2\sqrt{3}}$ =0.003kg。

3.4 合成标准不确定度的评定

3.4.1 灵敏系数

测量模型:

$$md = I + 0.5e - \Delta L - \bar{M}, se = \bar{M} - M_p \quad (3)$$

灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial md}{\partial I} = 1 \quad (4)$$

$$c_2 = \frac{\partial md}{\partial \Delta L} = -1 \quad (5)$$

$$c_3 = \frac{\partial md}{\partial M} = -1 \quad (6)$$

$$c_4 = \frac{\partial se}{\partial M_p} = -1 \quad (7)$$

$$c_5 = \frac{\partial se}{\partial M} = 1 \quad (8)$$

3.4.2 标准不确定度汇总表

输出量 md 各输入量的标准不确定度汇总如表 2 所示。

表 2 标准不确定度汇总 (md)

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	c_i	$ c_i u(x_i)$
$u(I)$	控制衡器	0.008kg	1	0.008kg
$u(\Delta L)$	闪变点砝码	忽略	-1	/
$u_1(\bar{M})$	重复性	0.019kg	-1	0.019kg

输出量 se 各输入量的标准不确定度汇总如表 3 所示。

表 3 标准不确定度汇总表 (se)

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	c_i	$ c_i u(x_i)$
$u_2(\bar{M})$	控制衡器及重复性	0.009kg	1	0.009kg
$u(M_p)$	被测衡器	0.003kg	-1	0.003kg

3.4.3 合成标准不确定度的计算

各输入量彼此独立不相关,所以,合成标准不确定度可按下式得到:

$$u_c^2(md) = \left[\frac{\partial md}{\partial I} u(I) \right]^2 + \left[\frac{\partial md}{\partial M} u(\bar{M}) \right]^2 = [c_1 u(I)]^2 + [c_3 u_1(\bar{M})]^2 \quad (9)$$

$$u_c(md) = \sqrt{0.008^2 + 0.019^2} \text{ kg} = 0.021 \text{ kg}$$

同理,

$$u_c^2(se) = [c_5 u_2(\bar{M})]^2 + [c_4 u(M_p)]^2 \quad (10)$$

$$\text{则 } u_c(se) = \sqrt{0.009^2 + 0.003^2} \text{ kg} = 0.010 \text{ kg}$$

3.5 扩展不确定度的评定

针对每次装料与装料平均值的偏差 md 的评定:

扩展不确定度为

$$U = k \times u_c(md) = 2 \times 0.021 \text{ kg} = 0.042 \text{ kg} \quad (11)$$

相对扩展不确定度为

$$U_{rel} = U/\bar{M} = 0.042/49.991 = 0.08\% \quad (12)$$

针对预设值误差 se 的评定:

扩展不确定度为

$$U = k \times u_c(se) = 2 \times 0.010 \text{ kg} = 0.020 \text{ kg} \quad (13)$$

相对扩展不确定度为

$$U_{rel} = U/\bar{M} = 0.020/49.991 = 0.04\% \quad (14)$$

3.6 测量不确定度的报告与表示

$X(0.5)$ 级 TCDF 定量包装秤预设装料质量为 50kg 时, md 测量结果的扩展不确定度为 $U=0.042\text{kg}, k=2$; se 测量结果的扩展不确定度为 $U=0.020\text{kg}, k=2$ 。分离检定法测量重力式自动装料衡器的扩展不确定度如表 4 所示。

表 4 分离检定法测量重力式自动装料衡器的扩展不确定度

输出量	装料质量 kg	准确度等级 / 分度值	标准不确定度分量 $u(I)$	标准不确定度分量 $u(\Delta L)$	标准不确定度分量 $u_1(\bar{M})$	扩展不确定度 $U(k=2)$				
md	50	$X(0.2)/0.01\text{kg}$	0.003kg	忽略	0.019kg	0.038kg				
		$X(0.5)/0.01\text{kg}$	0.008kg	忽略	0.019kg	0.042kg				
		$X(1)/0.1\text{kg}$	0.015kg	忽略	0.019kg	0.048kg				
输出量	装料质量 kg	准确度等级 / 分度值	标准不确定度分量 $u_2(\bar{M})$	标准不确定度分量 $u(M_p)$	扩展不确定度 $U(k=2)$	/				
							$X(0.2)/0.01\text{kg}$	0.009kg	0.003kg	0.02kg
							$X(0.5)/0.01\text{kg}$	0.009kg	0.003kg	0.02kg
se	50	$X(1)/0.1\text{kg}$	0.009kg	0.03kg	0.064kg					

参考文献

- [1]JJF 1033—2016 计量标准考核规范[S].
- [2]JJG 564—2002 重力式自动装料衡器(定量自动衡器)检定规程[S].