

# 门座式起重机动态电子秤不确定度分析

河北省计量科学研究所 张树芳  
中国计量科学研究院 王翔 唐煜

**【摘要】** 本文分析了门座式起重机动态电子秤不确定度的来源及评定方法。

**【关键词】** 门座式起重机; 不确定度

称重随着社会的高速发展,衡器除了实现单纯的称量功能,常常和其它设备组合起来,用来控制和管理生产过程的各个细节。门座式起重机动态电子秤,为交通运输部和铁道部的运输部门对大宗散堆装物料的定量装卸船作业提供了一个技术先进、运用稳定可靠、计量准确的计量装置,它改变了沿用十多年来看“吃水线”来估算装载量的办法,也改变了目前各水运、海运码头利用电子汽车衡“过磅”称重的一套繁杂流程的装卸船过程,给各码头、各港口和铁路货站对大宗的散堆装物料的装卸(车)船称重作业,带来了一个根本性的改变,不但可以较大的提高装卸车船的作业效率,还可以对使用单位带来很好的经济效益和节能减排、保护环境方面的社会效益。在门座式起重机上装上称重系统,对大宗货物的搬移,不仅安全,而且还在不同档位(速度),不同变距(幅),不同角度下,都能进行称量,实时控制。那么它的称量结果是否满足要求?下面对最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ 的门座式起重机动态电子秤的不确定度进行了分析。

门座式起重机动态电子秤以动态运行方式,进行物料的累计称量。在实际使用中,得到的被称物的累计质量值,既包含了随机影响量,又包含了系统影响量,它存在测量不确定度。根据国家计量技术规范 JJF1059-1999《测量不确定度评定与表示》,可以用不确定度的 A 类评定和用不确定度的 B 类评定方法对上述影响量进行评定。

控制衡器选用准确度为Ⅲ级,最大称量为 50t,检定分度值为 20kg 的电子汽车衡。

## 1 标准不确定度分量

### 1.1 标准不确定度的 A 类评定

经过运行试验得到一组数据,见表 1

根据贝塞尔公式,实验标准偏差为

$$s_r(E_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2} = 2.19 t$$
$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i = 2.98 t$$

表 1 测量数据一览表

序号	控制衡器累计净载荷示值 T (t)	门座式起重机动态电子秤 显示累计值 I (t)	误差 E=I-T (t)
1	1258.84	1264.28	5.44
2	859.32	862.25	2.93
3	901.22	903.99	2.77
4	455.38	458.02	2.64
5	246.00	246.94	0.94
6	160.00	159.33	-0.67
7	931.00	937.05	6.05
8	548.86	552.56	3.7
误差平均值 $\bar{E}=2.98t$ 门座式起重机动态电子秤显示累计值平均值 $\bar{I}=673.05t$			

算术平均值的实验标准偏差  $s_r(\bar{x})$  为

$$u(E) = s_r(\bar{E}) = \frac{s_r(E_i)}{\sqrt{n}} = 774.28kg$$

因此，A 类不确定度分量为  $u_1 = s_r(\bar{E}) = 774.28kg$ ，其自由度为：  
 $\nu = n - 1 = 8 - 1 = 7$ 。

### 1.2 控制衡器——电子汽车衡的最大允许误差 (B 类)

电子汽车衡 (e=20kg) 在最大秤量时的最大允许误差为：

$$A = \pm 1.5e = \pm 1.5 \times 20kg = \pm 30kg$$

按照均匀分布 ( $k = \sqrt{3}$ ) 计算电子汽车衡的标准不确定度分量

$$\mu_2 = \frac{30kg}{\sqrt{3}} = 17.32kg$$

## 2 合成标准不确定度

两个输入量之间是相互独立的，因此合成标准不确定度

$$\mu_c = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2} = \sqrt{774.28^2 + 17.32^2} = 774.47kg$$

## 3 扩展不确定度 $U_p$

用韦尔奇-萨特思韦公式计算有效自由度

$$\nu_{eff} = \frac{\mu_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{\mu_i^4(y)}{\nu_i}}$$

$$\nu_{eff} \leq \sum_{i=1}^N \nu_i$$

当  $\nu_{eff} > 100$  时，可近似取为  $\infty$ ，查 t 分布表得到：置信水准  $\rho$  0.95 时，  
 $k_p = t_p(\infty) = 1.96$

门座式起重机动态电子秤的扩展不确定度

$$U = Up = U_{95} = t_p(v_{eff})\mu_c(y) = 1.96 \times 774.47 = 1517.96\text{kg}$$

#### 4 测量不确定度汇总

表 2 测量结果的不确定度一览表

来源	类型	不确定度 (t)	概率分布	包含因子 k	自由度 $\nu$
测量重复性	A	2.19	正态	2	7
控制衡器的最大允许误差	B	0.1732	均匀	$\sqrt{3}$	$\infty$
门座式起重机动态电子秤	合成	0.774	t	—	$\infty$
门座式起重机动态电子秤	扩展	1.52	t	1.96	$\infty$

门座式起重机动态电子秤的不确定度报告为

$$I = (\bar{I} \pm U_{95}) = (673.05 \pm 1.52)t, \quad \nu_{eff} = \infty$$

依据 JJF1094-2002 《测量仪器特性评定》，测量不确定度与最大允许误差之间有一个可以接受的原则是：其扩展不确定度 (MAU) 应不大于被测衡器最大允许误差 (mpe) 的  $\frac{1}{3}$ ，即  $MAU \leq \frac{1}{3}mpe$

在此秤量点的最大允许误差 mpe 为：673.05t×1.0%=6.73t

$$\frac{1}{3}mpe = \frac{1}{3} \times 6.73t = 2.24t$$

实际求得的扩展不确定度  $U_{95} = 1.52t$

$$U_{95} \leq MAU$$

#### 参考文献

1. 国际建议 OIML R51 Edition 2006 (E) 《Automatic catchweighing instruments》的 Y 类衡器。
2. JJG648-1996 《非连续累计自动衡器》国家规程。
3. 闫宝珠. 质量与密度测量不确定度评定[M], 北京: 中国计量出版社, 2002。
4. JJF 1094-2002 《测量仪器特性评定》。

#### 作者简介

河北省计量科学研究所 张树芳

联系地址: 石家庄市友谊南大街 175 号 邮政编码: 050051

电话: 0311-88606664 手机: 13931143510

电子邮件: hbzhangsf@163.com