

# 解读《装载机电子秤》检定规程中 衡器的工作原理及单次称量误差的确定

张树芳 河北省计量检测技术中心

**[摘要]** 本文介绍了前置轮式装载机电子秤的工作原理及单次称量误差的确定。对称量结果的有效性进行了说明。

**[关键词]** 检定规程；工作原理；单次称量误差；称量结果的有效性。

## 一、装载机电子秤工作原理

轮式装载机是通过安装在前端一个完整的铲斗支承结构和连杆，随机器向前运动进行装卸或挖掘，以及提升、运输和卸载的轮胎机械。轮式装载机见图 1-1。

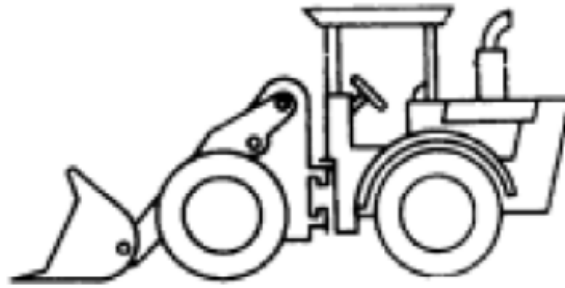


图 1-1 轮式装载机

轮式装载机是在行进中铲装、运送、卸载的自走式工程机械。装载机自重大，轴距短，且始终处于流动作业状态，难以用固定位置的衡器对它所载货物进行称量。以装载机的部分部件作为力传递机构，在提升臂举升时连通传感器，并通过智能显示终端将装载机的自动称量过程用图形（或数据）显示出来，确定铲斗（承载器）内散料的装入量，可以实现将数据累计并打印，也可以通过网络或 GPS 定位系统进行称重数据传输。这种即有车辆结构又融合了电子秤结构的工程机械车辆组合秤是自动分检衡器中车辆组合衡器的一种型式。前置轮式装载机电子秤是车辆组合衡器的典型应用。欧洲在上个世纪七十年代就有了装载机电子秤。装载机电子秤在我国的使用越来越广泛，国家计量检定规程 JJG 1123-2016《装载机电子秤》的发布和实施。对企业生产和计量部门开展检定提供了技术依据。规程包含了引言、范围、引用文件、术语和计量单位、概述、计量性能要求、通用技术要求以及计量器具控制部分。计量性能要求中的单次称量、偏载测试、倾斜测试、交替变换运行速度测试参考了 OIML R51《自动分检衡器（2006 年版）》(Automatic catchweighing instruments (2006E)) 国际建议中 Y 类车辆组合自动衡器中有关内容。

装载机电子秤称重模式目前主要是压力测量模式。轮式装载机在作业时，铲斗的提升是通过液

压系统中的动臂油缸驱动提升臂，铲斗的转动是通过液压系统中的转动油缸，两者共同作用从而实现了铲斗的提升和转动。而油缸中的压力与铲斗中的散料重量之间存在一定的函数关系，当装载机处于水平位置状态，由力矩平衡原理得出，装载机的提升臂长度  $L$ ，散料重量  $W$ ，它们的乘积  $W \times L$  等于提升臂缸内的压力  $P$ ，与提升活塞横截面积  $S$ 、提升臂作用点距离的乘积，简化后，散料重量  $W$  与提升缸的压力成正比

$$W = (k) \times P \quad (1)$$

式中  $k$  为系数

从(1)式中得知，只要测得提升臂在某一水平位置或在水平位置附近的一段位置提升缸中的压力，便可以知道铲斗中散料重量  $W$ 。

以上是静态条件下的受力分析，当提升臂在匀速时，提升臂长度为  $L$  时的重量  $W_1$  为

$$W_1 = W \times V \times T \quad (2)$$

式中： $W$ —散料重量

$V$ —提升臂速度

$T$ —工作时间

但在实际工作中，提升臂是不均速的，速度可能波动变化，因此单位时间  $dt$  内的提升臂长度为  $L$  时的重量  $W_1(t)$  为

$$W_1(t) = W(t) \times V(t) \times dt \quad (3)$$

因此一段时间  $t$  内总重量为

$$W_1(t) = \int_0^t W(t) dt = \int_0^t W(t) \times v(t) dt$$

式中： $W(t)$ —瞬时重量

$V(t)$ —提升臂速度

$W_1(t)$ —单位瞬时总重量

为了准确知道提升臂的位置，还需要有一套测量提升臂位置的位置传感器（或角度传感器）来测量提升臂的位置，即提升臂在一段时间内的重量。除测量重量外，还要对速度进行测量，从而准确地得出提升臂在接近水平位置的时间时的总重量。由于提升臂位置较难知道何时是水平位置，因此可以采用一个相对应位置来确定一段区间，依此区间的相对位置的时间来确定提升臂的某一个位置并通过数学模型用智能仪器内的计算器计算出准确重量。

图 1-2 为装载机电子秤称重结构示意图

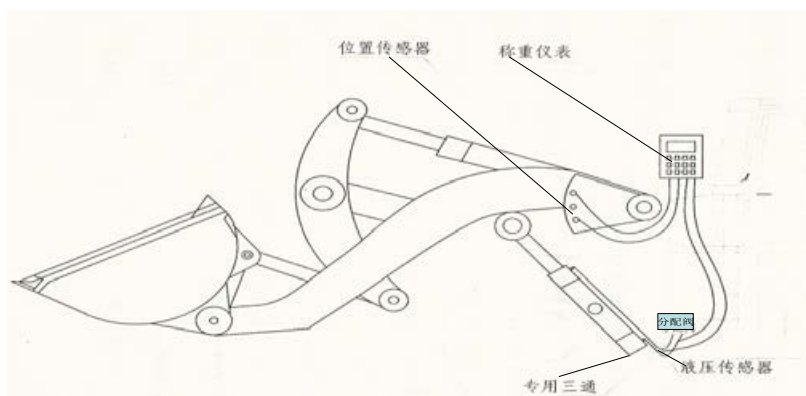


图 1-2 装载机电子秤称重结构示意图

## 二、单次称量的示值误差

装载机电子秤在自动运行中,对于任意大于或等于最小秤量 (Min) 和小于或等于最大秤量 (Max) 载荷的单次最大允许误差应符合表 1-1 的要求。

表 1-1 所列内容和非自动衡器的最大允许误差要求类似,但是在判定方法上和非自动衡器是有区别的。

表 1-1

单次称量的最大允许误差

以检定分度值 ( $e$ ) 表示的载荷 ( $m$ )	最大允许误差	
	首次检定	后续检定
Y (b)		
$0 \leq m \leq 50$	$\pm 1.0e$	$\pm 1.0e$
$50 < m \leq 200$	$\pm 1.5e$	$\pm 1.5e$
$200 < m \leq 1000$	$\pm 2.0e$	$\pm 2.0e$

规程对单次称量示值误差的确定根据不同的状态有如下规定:

1. 如果装载机电子秤有一个用于显示实际分度值  $d \leq 0.2e$  示值装置 (扩展指示装置), 那么这一装置就可用来确定误差。如果使用扩展指示装置, 应在检定证书中注明。

2. 如果装载机电子秤实际分度值大于  $0.2e$  且不具备扩展指示装置, 为消除数字示值的化整误差, 其载荷的质量值应满足以下条件:

2.1 如果最大允许误差绝对值为  $1.5e$  (或  $0.5e, 2.5e$ ), 选择载荷的质量值应为检定分度值的整数倍。

载荷的质量值是载荷的约定真值。例如:

例 1, 实际分度值  $d =$  检定分度值  $e$  且  $d > 0.2e$

Max = 5t;  $d = e = 50\text{kg}$ ; 准确度: Y (b) 的装载机电子秤。

最大秤量点 5t 的最大允许误差为  $\pm 1.5e = \pm 75\text{kg}$ ，检定该称量点时，铲斗所加载荷应是检定分度值的整数倍。选择载荷的质量为 5t，符合化整误差的要求。

载荷质量值为 5t，可能出现的显示值为 4950kg、5000kg、5050kg，判定误差值范围见表 1-2。

表 1-2 判定误差值范围

载荷质量值/kg	称重仪表显示值/kg	判定误差/kg
5000	4950	-50
	5000	0
	5050	50

从表 1-2 中可以看出，载荷质量为 5000kg， $d=50\text{kg}$  时，称重仪表的显示值可以显示为 4950kg，也可以显示为 5000kg、5050kg，在这个范围内，实际（真正）误差可能是 -50kg、也可能是 0kg、50kg，这些值只能确定在  $\pm 1.5e = \pm 75\text{kg}$  误差范围内，但是无法确定具体的误差值。

例 2，实际分度值  $d \neq$  检定分度值  $e$  且  $d > 0.2e$

Max =5t;  $d=20\text{kg}$ ;  $e=50\text{kg}$ ; 准确度: Y (b) 的装载机电子秤。

最大秤量点 5t 的最大允许误差为  $\pm 1.5e = \pm 75\text{kg}$ ，检定该称量点时，铲斗所加载荷应是检定分度值的整数倍。选择载荷的质量为 5t，符合化整误差的要求。

载荷质量为 5t，可能出现的显示值为 4940kg、4960kg、4980kg、5000kg、5020kg、5040kg、5060kg，判定误差值范围见表 1-3。

表 1-3 判定误差值范围

载荷质量值/kg	称重仪表显示值/kg	判定误差/kg
5000	4940	-60
	4960	-40
	4980	-20
	5000	0
	5020	20
	5040	40
	5060	60

从表 1-3 可以看出，载荷质量为 5000kg， $d=20\text{kg}$  时，称重仪表的显示值可能显示为 4940kg、4960kg、4980kg、5000kg、5020kg、5040kg、5060kg，在这个范围内，实际（真正）误差可能是 -60kg、-40kg、-20kg、0kg、20kg、40kg、60kg，这些值只能确定在  $\pm 1.5e = \pm 75\text{kg}$  误差范围内，

但是无法确定具体的误差值。

从表 1-2、表 1-3 看出，如果最大允许误差绝对值为  $1.5e$ （或  $0.5e$ ， $2.5e$ ），选择载荷的质量值为检定分度值的整数倍，可以实现消除化整误差。如果采用以上步骤进行检定，就不能记录单次称量误差。但可以说明装载机电子秤单次称量的示值误差满足单次称量最大允许误差的要求。

2.2 如果最大允许误差绝对值为  $1.0e$ （或  $2.0e$ ， $3.0e$ ），选择载荷的质量值应为检定分度值的整数倍加（或减） $0.5e$ 。质量值也是指载荷的约定真值。示例如下：

例 1，实际分度值  $d =$  检定分度值  $e$ ，且  $d > 0.2e$ 。

Max = 5t； $d = e = 20\text{kg}$ ；准确度：Y（b）的装载机电子秤。

最大称量点 5t 的最大允许误差的绝对值为  $2.0e = 40\text{kg}$ ，检定该称量点时，铲斗所加载荷质量为 5010kg，符合化整误差的要求。

载荷质量值为 5010kg，称重仪表显示值可能为 4980kg、5000kg、5020kg、5040kg，判定误差值范围见表 1-4。

表 1-4 判定误差值范围

载荷质量值/kg	称重仪表显示值/kg	判定误差/kg
5010	4980	-30
	5000	-10
	5020	10
	5040	30

从表 1-4 中可以看出，载荷质量为 5010kg， $d = 20\text{kg}$  时，称重仪表的显示值可能显示为 4980kg、5000kg、5020kg、5040kg，在这个范围内，实际（真正）误差可能是  $-30\text{kg}$ 、 $-10\text{kg}$ 、 $10\text{kg}$ 、 $30\text{kg}$ ，这些值只能确定在  $\pm 2.0e = \pm 40\text{kg}$  误差范围内，但是无法确定具体的误差值。

例 2，实际分度值  $d \neq$  检定分度值  $e$ ，且  $d > 0.2e$ 。

Max = 5t； $d = 10\text{kg}$ ； $e = 20\text{kg}$ ；准确度：Y（b）的装载机电子秤。

最大称量点 5t 的最大允许误差的绝对值为  $2.0e = 40\text{kg}$ ，检定该称量点时，铲斗所加载荷质量为 5010kg，符合化整误差的要求。

载荷质量为 5010kg，称重仪表显示值可能为 4970kg、4980kg、4990kg、5000kg、5010kg、5020kg、5030kg、5040kg，判定误差值范围见表 1-5。

表 1-5

判定误差值范围

载荷质量值/kg	称重仪表显示值/kg	判定误差/kg
5010	4970	-40
	4980	-30
	4990	-20
	5000	-10
	5010	0
	5020	10
	5030	20
	5040	30
	5050	40

从表 1-5 中可以看出，载荷质量为 5010kg， $d=10\text{kg}$  时，称重仪表的显示值可能显示为 4970kg、4980kg、4990kg、5000kg、5010kg、5020kg、5030kg、5040kg，在这个范围内，实际（真正）误差可能是  $-40\text{kg}$ 、 $-30\text{kg}$ 、 $-20\text{kg}$ 、 $-10\text{kg}$ 、 $0\text{kg}$ 、 $10\text{kg}$ 、 $20\text{kg}$ 、 $30\text{kg}$ 、 $40\text{kg}$ ，这些值只能确定在  $\pm 2.0e = \pm 40\text{kg}$  误差范围内，但是无法确定具体的误差值。

从表 1-4、表 1-5 看出，如果最大允许误差绝对值为  $2.0e$ （或  $1.0e$ ， $3.0e$ ），选择载荷的质量值为检定分度值的整数倍加上  $0.5e$ ，可以实现消除化整误差。如果采用以上步骤进行检定。就不能记录单次称量误差。但可以说明装载机电子单次称量的示值误差满足单次称量最大允许误差的要求。

2.3 如果无法按上面的规定选择载荷的质量，可以在表 1-1 中规定要求最大允许误差上再增加  $0.5e$ ，以便将数字指示装置的化整误差包括进去。

这是一种很特殊的现场检定状况。载荷是固定值但不是 JJG99-2006《砝码》规程中标准砝码的数值，无法实现检定分度值的整数倍，为了判定是否在误差范围内，可以在该称量点允许的最大误差上再增加  $0.5e$ ，将数字指示装置的化整误差包含进去。

### 三、称量结果的有效性

装载机电子秤工作或现场检定中，经常会遇到路面的凸凹（超出倾斜度的要求）、起升臂进入称重区油门忽大忽小、起升臂经过称重区时（无论起升或下降）突然停顿等，这些现象对称量结果都有影响。能够判断装载机电子秤称重结果是否有效即称量结果的有效性在工作状态或现场检定测试很重要。称量结果有效性(Weighing result validity)是判别装载机电子秤是否能按要求识别和拒绝“错

误称重结果”。如非动态称重（起重臂提升或下降到称重位置忽然停止，相当于静态装载机电子秤的称重过程）；或不符合装载机电子秤的正常动态称重操作（突然加速减速）。这些都造成了称量结果都超出了检定规程允许的误差范围。称量结果的有效性是在现场检定测试时才能看出，检定规程中不涉及称量结果有效性识别的相关内容。如果装载机电子秤能够识别，并且以显示和报警方式提示操作者其称重结果不合格，那么会对装载机电子秤在工作或现场检定测试有很大的帮助。