

悬吊式集装箱超偏载检测装置的偏载校准方法探讨

张玉东¹ 安爱民²

(1, 中国铁路西安局集团有限公司科学技术研究所, 2, 中国铁道科学研究院标准计量研究所)

[摘要] 为保证悬吊式集装箱超偏载检测装置测量结果的准确可靠, 根据铁路货物装载加固规则, 通过力学分析计算, 利用在集装箱内部设定的标准砝码重心偏移量作为偏载参考值的方法, 在集团公司范围对悬吊式集装箱超偏载检测装置的偏载量进行计量校准试验, 并经安装在铁道线路上的货车超偏载检测装置验证, 能够满足使用要求, 该方法可作为判断悬吊式集装箱超偏载检测装置检测的偏载结果能否满足使用要求的依据。

[关键词] 集装箱 重心 偏载 校准

引言

为解决铁路集装箱货物的超载、重心的偏移(又称偏载)问题, 常在门座(桥架)起重机或正面吊运起重机的集装箱吊具上安装悬吊式集装箱超偏载检测装置, 用来检测集装箱总质量及偏载量。集装箱超偏载检测装置是列入铁路专用计量器具管理目录的测量仪器, 有固定式、悬吊式和便携式三种形式, 较常用的形式为悬吊式集装箱超偏载检测装置, 依据它测出的集装箱货物的总质量及偏载值, 现场作业人员可在集装箱装车之前对超载、偏载数据超限的集装箱进行调整处理。对悬吊式集装箱超偏载检测装置的计量校准, 是在规定的条件下, 用一个可参考的标准, 对它的特性赋值, 并确定其示值误差, 将它所指示或代表的量值, 按照校准链, 将其溯源到标准所复现的量值, 从而确定其示值误差是否在预期的允差范围之内。本文重点介绍了悬吊式集装箱超偏载检测装置的工作原理、技术特点和自行编制的偏载项目的校准方法及应用评价。

1. 集装箱称重的有关规定及悬吊式集装箱超偏载检测装置的工作原理、技术特点

1.1 集装箱称重的有关规定

1.1.1 铁路货运部门有关规定

《铁路货物装载加固规则》规定: 货物装车后, 货物总重心的投影应位于货车地板的纵、横中心线的交叉点上, 必须偏离时, 横向偏离量不得超过 100 mm, 超过时, 应采取配重措施。纵向偏离时, 每个车辆转向架所承受的货物重量不得超过货车容许载重量的二分之一, 且两转向架承受重量之差不得大于 10 t。货车装载的货物重量(包括货物包装、防护物、装载加固材料及装置)不得超过其容许载重量。《铁路货运安全检测监控与管理系统总体技术规范》要求: 列车在 40 km/h 及以下速

度称量时，称重总准确度应 $\leq 0.5\%$ ；偏载（纵向超载测量）即前后转向架偏重之差变动的范围，在列车在 40 km/h 及以下速度称量时应小于或等于 400 kg；前后转向架偏重差平均值与理论偏重差之差的绝对值应 ≤ 500 kg；以车辆中轴线为基准的重心偏移量（横向超载测量）（装载加固要求 ≤ 100 mm），设偏转向架偏载率平均值与理论偏载率之差的绝对值 $\leq 5\%$ 。68t 或 76t 车中未设偏检衡车整车初始偏载率平均值的绝对值 $\leq 5\%$ 。

1.1.2 海运部门规定

《国际海上人命安全公约》（简称《SOLAS 公约》）对集装箱海上运输安全问题进行了规定，SOLAS VI/2 修正案草案（《关于核实载货集装箱毛重的导则草案》）明确托运人须承担验证货运集装箱总重量的责任。货主应确保货箱经验证的重量反映到运输单证上，2014 年 SOLAS VI/2（货物资料）修正案（《SOLAS 公约》修订版）中增加了载货集装箱装船之前进行重量验证的要求，并于海安会第 94 次会议通过表决，于 2016 年 7 月 1 日生效实施。中国是《SOLAS 公约》的缔约国，为更好履行该公约，交通运输部先后制定了《中华人民共和国港口设施保安规则》和《中华人民共和国船舶保安规则》，细化了执行国际公约的强制要求，并规定由水运局和海事局分别负责两个规则的实施工作。2016 年 4 月 6 日，交通运输部发布针对《SOLAS 公约》修订版的函规定，承载集装箱的托运人所提供的经验证重量与海事管理机构、承运船舶、承运人或码头经营人获得的该集装箱经验证的重量间的误差范围不得超过 $\pm 5\%$ 或 1t（两者取其小）。

1.2 悬吊式集装箱超偏载检测装置的工作原理及技术特点

1.2.1 工作原理

检测装置主要由拉力传感器、变送器、无线信号发射端、无线信号接收端、CPU 和人机界面等部分组成。拉力传感器安装在集装箱吊具的 4 个转锁上，检测集装箱 4 个角的受力情况。经过变送器将拉力传感器的信号转化为标准的可供采集、处理的模拟量信号，由无线信号发射端将此信号传递给无线信号接收端，CPU 采集无线信号接收端的信号，经过数据处理，得出集装箱的质量及偏载值，并将相关数据在人机界面上进行显示并且归档记录、打印。在发生超载、偏载时，检测装置发出声光报警提醒，操作人员及时做出相应的处理，完成对所有检测数据（包括吊装时间、箱号、总质量，偏载、操作员工号）的保存和管理，便于随时查看和打印。

装置工作流程原理：拉力传感器→变送器→无线信号发射端→无线信号接收端→CPU→人机界面显示→打印机。系统构成如图 1，装置构成示意图如图 2。

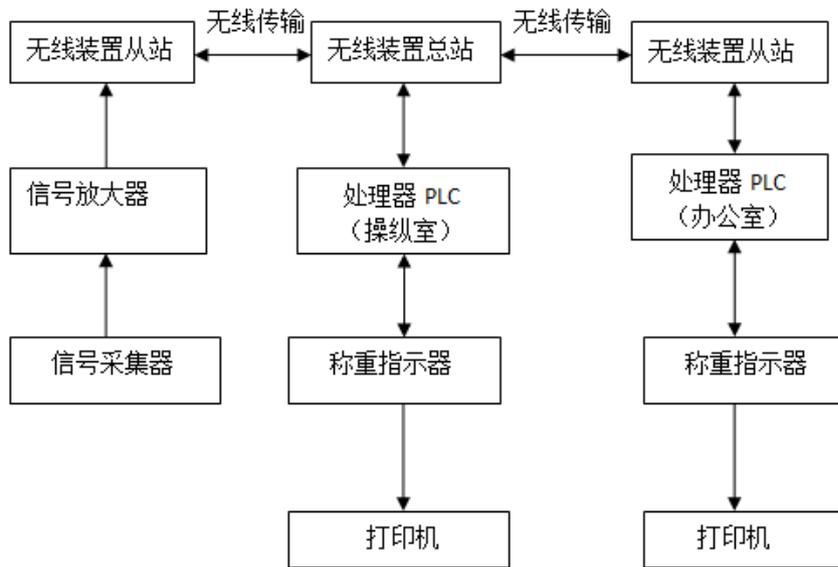


图 1 装置构成框图

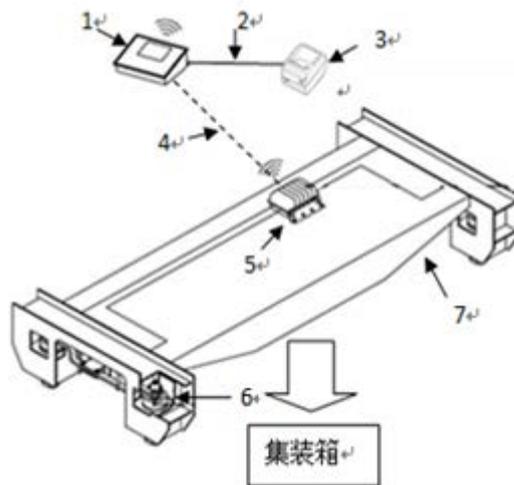


图 2 装置构成示意图

1. 称重指示器 2.RS232 通讯线缆 3. 票据打印机 4. 无线信号通讯 5.AD 信号处理器和无线通讯模块 6. 称重传感器（分别安装于 4 个旋锁位置）7. 集装箱吊具

1.2.2 技术特点

（1）该装置的传感器安装在门座（桥架）起重机集装箱吊具上架转锁处，称重指示器安装在门座（桥架）起重机司机室内，能在吊具吊运过程中检测集装箱的总质量及集装箱货物的偏载情况；

（2）检测装置称重准确度等级应不低于 Y(b) 级，能测量并输出集装箱 X 轴（长度方向），Y 轴（宽度方向）的偏心位置。可设定 X 轴（长度方向）偏心超过集装箱长度 $\pm 5\%$ 时报警，Y 轴（宽度方向）的偏心位置大于 $\pm 100 \text{ mm}$ 报警；

（3）重量和偏心传感器信号分别通过无线传输到称重指示器后进入车载终端（串口）。

(4) 检测装置主要技术参数

1) 最大称量 (Max) : 40 t; 2) 检定分度值 (e) 一般为 50kg 或 100kg, 若为其它值应表示为 $1 \times 10k$, $2 \times 10k$ 或 $5 \times 10k$ 的形式, 其中“k”是正整数、负整数或零。3) O 点重心偏载量相对误差不超过 $\pm 8\%$; 4) Y 轴 (宽度方向) 的偏心位置超出 ± 100 mm 报警; 5) X 轴 (长度方向) 偏心超过集装箱长度 $\pm 5\%$ 时报警; 6) 温度范围: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2. 悬吊式集装箱超偏载检测装置的偏载校准方法

2.1 偏载校准

2.1.1 重心偏载位置的设置

偏载又称重心的偏移 (eccentricity of center of gravity), 是指无论是空箱、重箱以及是否带有附件, 其实际重心与四个底角件对角线交叉点所形成几何中心在纵向和横向的偏离数值, 计量单位符号为: mm。对偏载的校准采用 20 英尺标准集装箱, 在底板建立直角坐标系, 选取 O (0,0)、A (600,100)、B (-600, -100) 三个点进行加载测量偏载, 如图 3 所示。

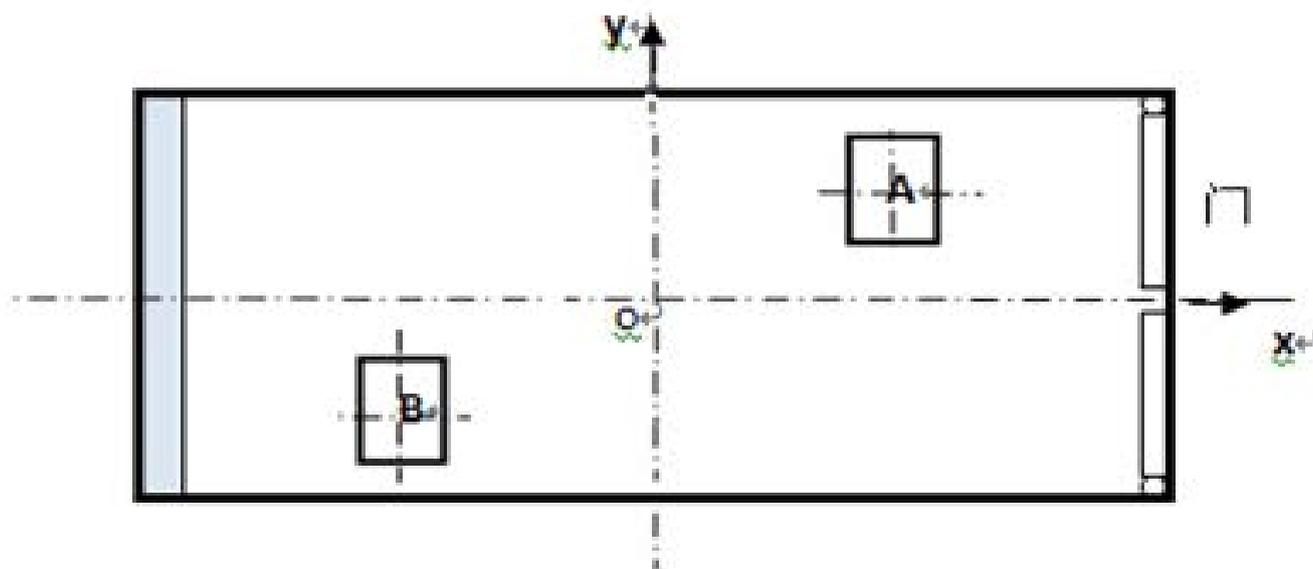


图 3 设置重心偏载位置示意图

2.1.2 校准过程

(1) 对集装箱吊具进行三次提升测量, 得到单次测量的空载示值 w_1 、 w_2 和 w_3 , x_1 、 x_2 和 x_3 , y_1 、 y_2 和 y_3 , 取平均值计算出空载的质量示值 W_0 以及偏载示值 X_0 、 Y_0 ;

$$W_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 w_i \quad (\text{式 1}) \quad X_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_i \quad (\text{式 2}) \quad Y_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y_i \quad (\text{式 3})$$

(2) 对空集装箱提升三次, 得到单次测量的空集装箱示值 w'_1 、 w'_2 和 w'_3 , x'_1 、 x'_2 和 x'_3 , y'_1 、 y'_2 和 y'_3 , 取平均值, 得到空集装箱的重量示值 w'_0 和偏载示值 x'_0 和 y'_0 ;

$$W'_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 w'_i \quad (\text{式 4}) \quad X'_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x'_i \quad (\text{式 5}) \quad Y'_0 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y'_i \quad (\text{式 6})$$

(3) 将加载砝码中心放置集装箱底面图 1 所示的 A (600,100) 坐标点位置, 提升三次, 分别得到 A 点单次测量重心偏移的示值: x_{A1} 、 y_{A1} ; x_{A2} 、 y_{A2} ; x_{A3} 、 y_{A3} 。取单次测量结果的平均值作为重心偏移的示值:

$$\text{A 点重心纵向偏移的示值为: } X_A = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_{Ai} \quad (\text{式 7})$$

$$\text{A 点重心横向偏移的示值为: } Y_A = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y_{Ai} \quad (\text{式 8})$$

(4) 将加载砝码中心放置集装箱底面图 1 所示的 B (-600,-100) 坐标点位置, 提升三次, 分别得到 B 点单次测量重心偏移的示值: x_{B1} 、 y_{B1} ; x_{B2} 、 y_{B2} ; x_{B3} 、 y_{B3} 。取单次测量结果的平均值作为重心偏移的示值:

$$\text{B 点重心纵向偏移的示值为: } X_B = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_{Bi} \quad (\text{式 9})$$

$$\text{B 点重心横向偏移的示值为: } Y_B = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y_{Bi} \quad (\text{式 10})$$

(5) 将加载砝码仍保持在 B 点不动, 将集装箱吊具相对集装箱水平旋转 180 度, 认为 B' 点, 提升三次得到 B' 点每次重心偏移的示值: x'_{B1} 、 y'_{B1} ; x'_{B2} 、 y'_{B2} ; x'_{B3} 、 y'_{B3} 。取单次测量结果的平均值作为重心偏移的示值:

$$\text{B' 点重心纵向偏移的示值为: } X'_B = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x'_{Bi} \quad (\text{式 11})$$

$$\text{B' 点重心横向偏移的示值为: } Y'_B = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 y'_{Bi} \quad (\text{式 12})$$

(6) 计算偏载约定真值

$$\text{A 点纵向偏载量约定真值: } L_{AX} = X_A \times W_F \div W'_0 + X'_0 \quad (\text{式 13})$$

$$\text{A 点横向偏载量约定真值: } L_{AY} = Y_A \times W_F \div W'_0 + Y'_0 \quad (\text{式 14})$$

$$\text{B 点纵向偏载量约定真值: } L_{BX} = X_B \times W_F \div W'_0 + X'_0 \quad (\text{式 15})$$

$$\text{B 点横向偏载量约定真值: } L_{BY} = Y_B \times W_F \div W'_0 + Y'_0 \quad (\text{式 16})$$

W_F 为加载砝码的标称质量。

(7) 计算偏载示值误差

$$A \text{ 点纵向偏移量示值误差: } E_{AX}=X_A-L_{AX} \quad (\text{式 17})$$

$$A \text{ 点横向偏移量示值误差: } E_{AY}=Y_A-L_{AY} \quad (\text{式 18})$$

$$B \text{ 点纵向偏移量示值误差: } E_{BX}=X_B-L_{BX} \quad (\text{式 19})$$

$$B \text{ 点横向偏移量示值误差: } E_{BY}=Y_B-L_{BY} \quad (\text{式 20})$$

单次测量的重心偏载示值误差也应符合表 1 的规定。

(8) 确定偏载固有误差

$$\text{纵向偏载固有误差: } E_{OX} = \frac{1}{2}(X_B + X'_B) \quad (\text{式 21})$$

$$\text{横向偏载固有误差: } E_{OY} = \frac{1}{2}(Y_B + Y'_B) \quad (\text{式 22})$$

固有误差也应符合表 1 的规定。

2.1.3 偏载测量误差的力学分析

(1) 偏载测量误差力学分析

4 吊点集装箱吊具安装 4 个称重传感器计算偏载的方法:

$$l_x = x \times \left(\frac{1}{2} - \frac{F_1 + F_2}{F} \right) \quad (\text{式 23}) \quad l_y = y \times \left(\frac{1}{2} - \frac{F_1 + F_4}{F} \right) \quad (\text{式 24})$$

x 为同侧 x 方向传感器距离, $l_{(x)}$ 为 x 轴方向偏载理论误差。 y 为同侧 y 方向传感器距离, $l_{(y)}$ 为 y 轴方向偏载理论误差。

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (\text{式 25})$$

F ----- 集装箱及物料的总重量;

$F_1 + F_2 + F_3 + F_4$ ----- 4 个传感器分别测出的 4 角 (吊点) 处集装箱的重量;

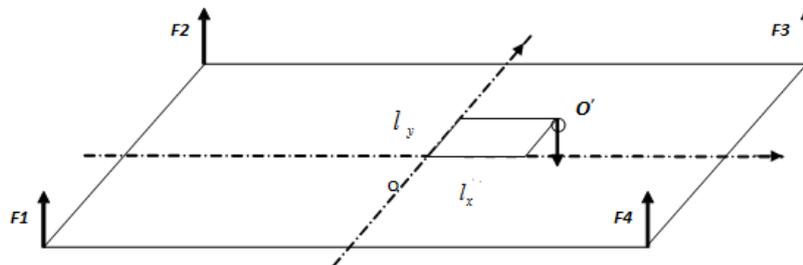


图 4 吊具安装 4 个称重传感器受力分析图

检测装置 Max=40 t, 检定分度数为 $n=100\sim 1000$, $e=50\text{kg}$, Y(b) 级检测装置在最大允许误差 (相

对误差)为 $\pm 1.0\%$ 时, 20' GP(20 feet general purpose) 外部尺寸: 长 5890 mm \times 宽 2350 mm \times 高 2390 mm; 纵向(x轴)最大允许误差为 $5890 \text{ mm} \times (\pm 1.0\%) = \pm 59 \text{ mm}$, 横向(y轴)最大允许误差为 $2350 \text{ mm} \times (\pm 1.0\%) = \pm 23 \text{ mm}$ 。

(2) 偏载测量最大允许误差 (MPE)

表 1 偏载测量最大允许误差 (MPE)

项目名称	符号	最大允许误差 (mm)
空载误差	X_0	± 10
	Y_0	± 10
空箱误差	X'_0	± 60
	Y'_0	± 30
A点偏载误差	$E_{AX} = X_A - L_{AX}$	+ 200
	$E_{AY} = Y_A - L_{AY}$	± 15
B点偏载误差	$E_{BX} = X_B - L_{BX}$	± 200
	$E_{BY} = Y_B - L_{BY}$	± 15
固有误差	$E_{CX} = \frac{1}{2}(X_B + X'_B)$	± 30
	$E_{CY} = \frac{1}{2}(Y_B + Y'_B)$	± 15

3. 应用评价

(1) 现行 JJG 1124 检定规程没有对集装箱偏载项目进行规定, 铁路部门对集装箱超偏载检测装置的偏载指标有溯源要求。作者按照本文提到的主要方法在集团公司范围内对集装箱超偏载检测装置的偏载指标进行校准试用, 并对校准结果计量确认。按照校准结果对偏载符合要求的集装箱进行装车, 经铁路货车超偏载检测装置检测验证, 有效的减少了承运集装箱货车的偏载数据超差现象。

(2) 本文提到的校准方法是利用 20 英尺标准集装箱、M₁₂ 等级标称值为 2t 和 3t 的标准砝码及砝码重心定位底座、叉车等标准器及配套设施进行校准作业的, 标准器及配套设施均为常见设备, 测量方法简便易行, 数据方便后续计算机处理与统计, 校准点坐标参考值选取与《铁路货物装载加固规则》规定的极限误差相一致, 能够满足铁路专用计量器具量值溯源的需要。

【参考文献】

- 【1】马丙辉, 劳倚虹, 陈洁等 集装箱称重中相关问题的探讨 [J]. 衡器, 2017(10): 25-26,41
- 【2】JJG 1124-2016 门座(桥架)起重机动电子秤 [S]. 中国质检出版社, 2016.6
- 【3】铁路货物装载加固规则 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.

- 【4】GB/T 3220-2011 集装箱吊具 [S]. 中国标准出版社, 2012.5.
- 【5】GB/T1992-2006 集装箱术语 [S]. 中国标准出版社, 2007.4.
- 【6】GB/T7551-2008 称重传感器 [S]. 中国标准出版社, 2008.11.

作者简介: 张玉东, 出生于1967年11月, 男, 籍贯: 河南省民权县人, 现工作单位(部门): 中国铁路西安局集团有限公司科学技术研究所(计量站), 高级工程师, 从事力学计量与标准化管理专业。地址: 西安市碑林区友谊东路33号, 邮政编码: 710054, 手机: 13700222822, 邮箱: zyd82323744@163.com