

# 从轨道衡试验谈大型衡器量程稳定性

□山东金钟科技集团股份有限公司 沈立人

【摘要】大型衡器的量程稳定性试验目前由于没有适应的大型试验设备，不得不选择模块组合装置在实验室内进行，存在着不能如实反映整个系统的实际问题。而国家轨道衡计量站积极提倡推广“长期稳定性试验”方法，在数字指示轨道衡和自动轨道衡型式评价大纲中，将大型衡器的量程稳定性试验放在产品使用现场进行，通过近30年的实践验证，对提升我国的电子轨道衡产品质量起到实质性作用。

【关键词】量程稳定性；轨道衡长期稳定性；试验方法

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2025）02-0005-05

## Discussion on Range Stability of Large-sized Weighing Instruments from Rail Weighbridge Test

**Abstract:** At present, due to the lack of suitable large-scale test equipment, the range stability test of large-sized weighing instruments has to be performed in the laboratory with a module combination device, which causes the problem which fails to reflect the actual situation of the whole system truthfully. However, the National Rail Weighbridge Metrology Station actively advocates and promotes the "long-term stability test" method, and in the type evaluation program of digital indicating rail weighbridges and automatic rail weighbridges, the range stability test for large-sized weighing instruments is performed at the product application site. Through nearly three decades of practical verification, it has played a substantial role in improving the quality of electronic rail weighbridge products in China.

**Keywords:** range stability; long-term stability of rail weighbridge; test method

### 引言

电子衡器主要是由“称重传感器”“称重指示器”“承载器”“支撑机构（包括基础）”四大部分组成的，其中任何一个部分的质量出了问题，都会影响到衡器计量性能。我们不清楚的是，为什么国际建议R76-1《非自动衡器》（2006版）<sup>[1]</sup>的表7，对于由典型模块组成的衡器误差分配将影响“量程稳定性”的因素全部分配给“称重指示器”，而在“量程稳定性试验”又是这样规定：试验在充分稳定的环境条件下（实验室正常稳定环境条件）进行，在被测秤经受温度试验、湿热试验、电压变化试验前、期

间及试验后各个不同间隔期间至少8次加载接近最大秤量(Max)载荷，观察误差的变化。要求n次测量中的任何一次示值误差变化应不超过检定分度值的一半，或该试验载荷下首次检定最大允许误差绝对值的一半，两者取其大者。

在R76-1的型式评价试验要求中同时指出：在适用的情况下，应进行衡器整机相同的试验（As far as applicable the same tests shall be performed as for complete instruments）。

看到这些规定后让我们的思维出现了紊乱：

第一个疑问，既然影响“量程稳定性”的因素是

“称重指示器”，按照这个逻辑设想，也就是说只要称重指示器的性能试验内保证在允许误差范围内，所配电子衡器的性能基本就应该没有问题了。为什么在“量程稳定性试验”时还要对整台电子衡器进行一系列的试验？对大型电子衡器还必须对称重传感器模块和称重指示器模块的组合装置进行“量程稳定性试验”。

第二个疑问，对于由四大部分组成的大型电子衡器，仅仅对称重传感器模块和称重指示器模块的组合装置在实验室内进行试验，结果是否可以代表整个衡器系统的量程稳定性的问题？

第三个疑问，对于大型电子衡器来讲，大部分是在室外安装使用的，影响因子是对整个系统都有影响的，对其的量程稳定性不能只是在实验室内的试验就能替代的。

第四个疑问，“在适用的情况下，应进行衡器整机相同的试验”，这个要求对于大型衡器来讲是不是太低了？不应该是“适用的情况下”，而是必须对衡器进行整机试验，并且不是仅仅一次型式评价试验，应该在一个使用周期之后进行第2次符合性试验。

## 1 几个相关名词的理解

### 1.1 量程稳定性

在规定的使用周期内，衡器最大称量示值与零点示值之间的差值保持在规定范围内的能力。

解读：

a. 在规定的使用周期内。这个使用周期也可能是一年，也可能是半年，当使用环境“温度”“湿度”“电压波动”“机械振动”等影响因子，以及“静电”“浪涌”“电磁”“电压暂降”“脉冲群”等干扰影响。

b. 最大称量。衡器必须加载最大额定载荷进行试验。

c. 保持在规定的允许误差范围内。按照R76-1规定：“n次测量中的任何一次，示值误差变化应不超过检定分度值的一半，或该试验载荷下首次检定最大允许误差绝对值的一半，两者取其大者。”

### 1.2 量程稳定性试验

为证明被测衡器能保持其量程稳定性而进行的一种试验。

解读：

a. 被测衡器。按照R76-1规定应该是在恒定环境条件下充分稳定，开机后至少5h，在温度和湿热试验后至少16h。

b. 一种试验。对于模块组合装置的试验均处于正常运行状态，或在类似可能的运行状态下进行。而在非正常配置连接时，试验程序需经授权机构和申请单位相互同意并在试验文件中给予说明。

### 1.3 长期稳定性

在规定的使用周期内，衡器维持其性能特征的能力。

解读：

a. 在检定规程规定的使用周期内，在规定的温度范围、供电电源电压范围下，衡器必须维持其称量范围内的计量性能。

b. 在使用现场安装的衡器，首次检定之后必须处于正常运行状态。

### 1.4 长期稳定性试验

检测衡器在规定的检定周期后不做任何调整的情况下，称量性能依然能够符合使用中检查指标的试验。

解读：

a. 在使用现场安装的被检衡器，按照规定首次检定之后应该是处于正常运行状态。

b. 被检衡器在首次检定时执行首次检定最大允许误差的规定，然后封存所有可以调整称量性能的装置，在安装现场使用一个检定周期后，在不允许对影响称量性能进行任何调整的情况下，主要称量性能必须符合使用中检查的指标。

在JJF1333-2012《数字指示轨道衡型式评价大纲》<sup>[2]</sup>和JJF1359-2012《自动轨道衡型式评价大纲》<sup>[3]</sup>中的“长期稳定性试验”是这样规定的：在使用现场首次试验合格后，应对影响计量性能的装置进行必要的封存，试验样机应保证在一个检定周期内稳定工作，在不做任何调整的情况下再进行置零准确度、重复性试验、偏载试验、称量性能试验等项目，计量性能应符合使用中检查的规定。

两者的不同点在于：

“量程稳定性试验”是对模块组合装置在“实验室”内进行试验，8次检测是穿插在几种影响因子试验之间进行。

“长期稳定性试验”是对整个系统在“实际使用现场”进行试验，首次检定后不允许任何调整的状态下被测衡器使用一个周期后进行使用中检查。

我们理解，在一个系统中任何模块的稳定性是不能代表系统稳定性的，简单地将“量程稳定性”的误差全部分配给“称重指示器”是不合适的。所以应将这个问题及时向国际法制计量组织相关起草机构反馈，要求其修改相关内容。

## 2 试验方法比较

### 2.1 国际建议规定的试验方法

为什么R76-1国际建议要将“量程稳定性试验”作为考核电子衡器的一项重要的试验？我想其目的就是想通过在型式评价试验期间了解被测产品的稳定性。

我个人认为，这个文件的问题在于：

在目前的条件下实验室内是无法对大型衡器产品进行该项试验的，而国际建议的文字中大量的描述都是介绍小型产品试验的方法。比如，要求在温度、湿热性能试验前、期间及试验后各个不同间隔期间穿插进行8次加载接近最大秤量的试验。

如果认为也可以对大型衡器产品采用模块组合装置法试验，但是文件中缺少介绍应该如何选择该衡器产品的全部称重传感器、称重指示器、承载器、基础等作为系统进行试验？还是只选择该衡器的称重传感器与称重指示器作为系统进行试验？如果按照系统对模块组合进行加载试验应该又是怎么组合？

在R76-1附录C中规定：在对称重指示器单独进行影响因子试验时，要求在“低阻抗”下进行。这就向我们传递了一个信息：应该是连接多只称重传感器或者连接一个低阻的模拟传感器。但是，对于连接称重传感器怎么加载？对于连接模拟传感器怎么加载？没有进行交代。对于采用模拟传感器进行加载的试验，仅仅是针对称重指示器的，这是在典型模块组成的衡器误差分配表中已经明确说明了的，不是考核衡器产品系统稳定性的。

在R76-1中没有单独规定针对称重传感器的影响因子试验，可能是因为R60《称重传感器》国际建议中已经有了比较完善的试验方法。如果认为按照R76附录C和R60分别对称重指示器和称重传感器进行试验能够替代对系统整机的影响因子试验，我认为可

能是不正确的，也是不可替代的，因为在这个称量系统中还有一个承载器和支撑结构（基础）的影响问题没有考虑进去（这个问题可能在欧洲认为可以不考虑，但是在我国就不得不考虑了）。

小型衡器的承载器尺寸小，当环境温度变化时热胀冷缩对尺寸影响不大，所以偏载作用力对称重传感器影响可以忽略不计。大型衡器的承载器尺寸达10多米，甚至20多米，环境温度变化时所产生的热胀冷缩是比较大的。例如，一台汽车衡的承载器长度为18m，当使用地的环境温度变化为50℃时（在室外使用的汽车衡上的温度变化可能还大于这个范围），碳钢的线膨胀系数为 $11.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，承载器长度变化有：

材料线膨胀系数  $\alpha \cdot [\text{环境高温}T_1 - \text{环境低温}T_2] \cdot \text{长度}L = \text{长度变化} \Delta L$

$$11.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \times [40 - (-10)] \times 18000\text{mm} = 10.2\text{mm}$$

以柱式称重传感器为例，这个变化必将会使该汽车衡两端的称重传感器产生倾斜。这个倾斜量所产生的分力可能就会直接影响到衡器的计量性能（特别是采用柱式称重传感器的衡器），而这种影响情况在实验室中仅仅对模块组合装置试验或者模拟法试验是无法得到的。

### 2.2 目前轨道衡采用的试验方法

对于大型衡器由于目前没有相应配套的实验室设备，即使在技术条款中制定了，大型衡器的“量程稳定性”试验方法也是无法实施，所以应该制定一些行之有效的、可以方便执行的试验方法，比如改为“长期稳定性试验（当然也可以继续称为‘量程稳定性’，只是试验不是采用原来的方法）”。

国家轨道衡计量站30年来坚持对“数字指示轨道衡（以前称为‘静态电子轨道衡’）”“自动轨道衡（以前称为‘动态称量轨道衡’）”等产品型式评价试验时分两步进行，在使用现场第一次试验时执行首次检定规定的项目和计量性能指标，合格后将所有可调整部位封存或记录。一个使用周期后，在不允许进行任何调整情况下，直接检测轨道衡的称量性能、偏载、鉴别力和重复性，要求计量性能指标符合使用中检查的规定。

也正是国家轨道衡计量站近30年来一直采用“长期稳定性试验”的方法进行各种轨道衡的型式评价试验，多年来还没有出现通过型式评价试验产品在

实际使用中发生重大问题的现象。

与JJF1333-2012《数字指示轨道衡型式评价大纲》、JJF1359-2012《自动轨道衡型式评价大纲》中规定的试验方法通过下表进行对比说明。

### 2.3 大型衡器两种试验方法比较

以下将R76-1《非自动衡器》中规定的试验方法

表 两种不同的试验方法比较

序号	国际建议采用的方法	国家轨道衡站采用的方法	说明性比较
1	对于大型电子衡器，由于作为整机试验有困难或不可能时，允许采用模块组成，只要适用，试验应尽可能对衡器整机进行。	不采用模块组合试验，直接在检定周期内的使用现场对整机进行两次性能试验。	模块组合装置试验没有考虑承载器与基础的影响问题。 是尽可能采用整机试验，还是必须采用整机试验？
2	在充分稳定的环境条件下（实验室正常稳定环境条件）。	试验样机在使用现场整机应保证在一个检定周期内稳定工作。	实验室内模块组合装置试验，与使用现场整机的试验从严酷程度上是有较大差别的，特别是在现场实际使用情况下的一个周期内试验。
3	在被测衡器经受性能试验前、期间及试验后各个不同间隔期间至少进行8次试验。	在不做任何调整的情况下，进行置零准确度、重复性、偏载、多指示装置、鉴别力、称量性能的试验项目，计量性能应符合使用中检查的规定。首次试验后应对影响计量性能的装置进行必要的封存。	模块组合装置在温度试验、湿热试验、影响因子试验、干扰试验前、试验期间及试验后各个不同的间隔至少进行8次试验，这些试验时是否需要移动装置？如果因为移动装置而引起装置的零点变化是否被允许？ 而整机试验是在首次检定试验后封存所有可以改变计量性能的装置，在一个使用周期后不做任何调整是情况下进行使用中检查试验。
4	温度试验、湿热试验、附录A、附录B的其他性能试验。	被测衡器整机在使用周期内现场进行两次性能试验。	按照误差分配规定，对于大型衡器来讲，称重传感器和称重指示器只要通过了单独的型式评价试验，实际上就没有必要再进行模块组合温度试验、湿热试验和影响因子试验了。特别是“量程稳定性”的误差影响指标都分配给了称重指示器。 而整机性能试验，是利用使用现场自然界的温度、湿热、影响因子变化情况进行试验的。
5	在试验期间，被测衡器的供电电源应断开2次，每次断电时间至少8h。被测衡器在恒定环境条件下充分稳定，开机后至少5h，在温度和湿度试验后至少16h。试验时加载接近最大称量的砝码，测定误差。	首次试验内容： 零点检查、称量性能试验、去皮称量试验、偏载试验、鉴别力试验、重复性试验、蠕变试验、平衡稳定性试验、影响因子试验。 一个检定周期后试验内容： 置零准确度、重复性、偏载、多指示装置、鉴别力、称量性能的试验。	进行温度和湿度试验时，如何在模块组合装置加载接近最大称量的砝码？如果是采用比对式试验机加载，这个试验机是否在试验环境中？ 整机性能试验的前提是称重传感器和称重指示器单独通过型式评价试验，也可以在整机性能试验时专门对称重传感器和称重指示器进行模块试验。首次试验后封存所有影响计量性能的装置。
6	28天或进行性能试验所需的时间内。	一个检定周期后，在不允许调试的情况下进行复测。	整机性能试验的周期远远大于28天的试验时间。
7	在整个试验过程中使用同一砝码接近最大称量Max加载。	在称量性能试验、去皮性能试验、蠕变试验中都必须将最大称量的载荷加载到承载器上。	实验室内的模块组合装置试验时，由于空间条件和加载设备原因，加载量值无法达到衡器最大称量的要求。

### 3 推广使用范围的建议

针对量大面广的大型非自动衡器，特别是电子汽车衡产品，也是可以采用这种试验方法的。对于

一个申请电子汽车衡许可证的产品，只要其采用的“称重指示器”和“称重传感器”分别已经获得了相关的计量器具制造许可证，并具有相应的型式评价

报告,在“兼容性”核查时又能满足要求,作为法定技术机构就可以对安装在使用现场的产品,按照型式评价大纲对其主要计量性能指标进行试验,检测合格后对影响计量性能的装置进行必要的封存和记录,发给盖检定合格的检定证书。在使用了一个周期左右后,不允许进行任何调整,直接检测电子汽车衡的称量性能、偏载、鉴别力和重复性等性能指标,要求计量性能符合使用中检查指标。试验工作结束后,出具型式评价报告。

这样,有几个问题需要探讨:

#### (1) 周期如何界定

从严格意义上考虑,试验期限最好包括当地最热天气或最冷天气范围内,这样就不是几个月的周期,而是一年的周期了。如果考虑到在最热或最冷天气室外工作难度比较大,选择周期检定时避开这个极端天气时段,但是在检定周期内必须涵盖使用期间温度变化的极端范围,这样既包含了温度变化较大的情况,也包含了实际使用时被称物对衡器的反复作用,所以可以比较随意安排时间,一般数字指示秤的检定周期在一年之内。

#### (2) 如何选择测试地点

从考虑到被检测的产品可能会使用到全国各地的各种环境条件下,型式评价的试验应该选择严酷度比较高的地点,而实际上制造单位的则会选择严酷度稍微低的地点安装被测产品,这样应该如何判定?

#### (3) 是否与现场使用频次关联

因为许多情况下一个产品在现场的使用频次多少,不可能有一个统一的量值。检定机构只能大致了解该产品使用周期内使用频次,所以在进行产品型式评价试验时检查该产品的使用记录,基本不会选择不太使用的产品进行型式评价试验。作为申报单位可能为了保证能够顺利通过,会尽量避免选择使用频次大的产品。

#### (4) 是否可以在制造单位试验

被确定为需要强制检定的衡器,制造单位在没有取得“计量器具制造许可证”的情况下,是不能销售使用的,制造单位可以在自己的生产区域内安装产品进行型式评价试验。如果此类产品在制造单位的生产区域内安装,必须能够经受室外环境的影

响,并且被称物能够反复对承载器和称重传感器的作用(法定计量机构的人员应该检查该产品的使用记录,并如实记录在报告中)。

## 4 结语

4.1 从几个名词的含义来看,它们之间没有比较大的差异,没有必要人为地制造障碍。无论是称为“量程稳定性”,还是称为“长期稳定性”,其实质都是一个“稳定性”问题。如何理解这些名词的含义,我们与欧美国家存在文化差异,以及工业化程度的差异。

4.2 为了保证电子衡器的“量程稳定性试验”,就应该对所有可能影响称量性能模块在相同的使用环境下进行试验。对于小型衡器是可以整体放入实验室内的,对于大型衡器来讲也应该将包括“称重传感器”“称重指示器”“承载器”“支撑结构(或基础)”一同进行试验,而不是仅仅对“称重传感器( $p_{LC}=0.7$ )”“称重指示器( $p_{ind}=0.5$ )”部分模块进行试验,忽略了一个影响因子“连接元件”。

4.3 国家轨道衡计量站多年来由于采用了“长期稳定性试验”的考核方法,很好地控制了轨道衡产品的质量。我国既然没有条件对其他大型衡器进行“量程稳定性试验”,为什么不能将国家轨道衡计量站实施多年,而且已经成熟的“长期稳定性试验”,推广到其他大型电子衡器中?

4.4 如果有人认为目前执行此类方法时机还不成熟,在实施中可能会出现一些想象不到的问题和现象,我们可以在实施过程中不断完善改进,只要目的是为了保证产品质量就可以。

## 参考文献

- [1] R76-1《非自动衡器》国际建议.
- [2] JJF1333-2012《数字指示轨道衡型式评价大纲》.
- [3] JJF1359-2012《自动轨道衡(动态轨道衡)型式评价大纲》.

## 作者简介

沈立人,1947年出生,高级工程师。现为中国衡器协会发展战略咨询委员会委员。