

关于衡器模拟试验及装置的解析

——目前衡器全性能试验中的热点问题讨论之一

中国衡器协会顾问 陈日兴

【摘要】 本文从 OIML 衡器国际建议中有关全性能试验中的模拟试验与装置的规定入手，较全面的阐述了衡器在型式评价试验中模拟试验及装置的作用与方法，并重点提出了本人对于目前我国在模拟试验装置及在实施过程中的一些错误方法的看法与建议，以期引起衡器同行对模拟试验及装置的关注。

【关键词】 模拟试验装置

前言

目前我国在衡器新产品的型式评价中，对于一些大型衡器，由于产品的空间体积太大，或者由于各种环境条件不允许，无法整机实施全性能试验，因此就提出了一个模拟试验及模拟试验装置的概念与实施方法的问题。无论衡器的国际建议、国家标准或型评大纲中也都有相应的有关模拟试验及模拟试验装置的要求。但是较为遗憾的是，有较多的衡器国际建议要么对于模拟试验及模拟试验装置提得较为笼统而不好操作，要么光有名词而没有实质的试验方法，广大衡器技术检定机构、生产企业因无成法可依，于是各自制定各自的方法及规定，从而造成无法统一标准，有失公允。本文试图先从各类非自动或自动衡器的国际建议中有关模拟试验及模拟试验装置的要求进行梳理，然后提出较为全面合理的认识与理解。

1. 衡器国际建议有关模拟试验及装置的规定

现举几个比较典型的衡器产品的国际建议中有关模拟试验及装置的要求如下：

(1) OIML R76-2006 版《非自动衡器 Non-Automatic weighing instrument》^[1]

OIML R76 中有关模拟试验及装置的主要内容摘录如下：

3.7.2 辅助检定装置

如果衡器配备了辅助检定装置，或用独立的辅助装置检定时，该装置的最大允许误差应为所加载荷最大允许误差绝对值的 1/3。如果辅助检定装置中使用砝码，其误差的影响应不大于被检衡器施加相同载荷下最大允许误差绝对值的 1/5。

T 2.2 模块

衡器中完成一种或多种特定功能的可识别部件，并可根据相关国际建议中的计量和技术性能要

求单独评价。衡器的模块应满足规定的衡器局部误差限的要求。

注：衡器的典型模块是：称重传感器、称重指示器、模拟式或数字式数据处理装置、称量模块、终端和数字显示器。

根据本建议，可以对模块出具独立的型式批准证书。

3.10.2 模块

经批准机关同意，制造商可以确定并提交模块分别进行检查。尤其与下述相关：

衡器作为整机试验有困难或不可能；模块作为独立单元制造和/或销售，用于组成衡器整机；申请人要求型式批准中包括多种模块。

在型式评价过程中，对模块单独进行检验时，应满足误差分配的要求。模块的型式批准证书应明显区别与整机形式的型式批准证书。

(2)OIML R50-5CD 版《连续累计自动衡器(皮带秤)Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers)》^[2]

OIML R50 中有关模拟试验及装置的主要内容摘录如下：

0.6.1 物料试验

采用皮带秤预期称量的物料，在皮带秤的使用现场或典型的试验场所对完整的皮带秤进行的一种试验。

0.6.2 模拟试验

在无皮带输送机的情况下，采用标准砝码对由完整的皮带秤组成的试验装置进行的一种试验。

6.3 模拟试验（在不用皮带输送机的情况下用静态载荷进行试验）

为了对不带输送机的皮带秤进行试验，可以使用标准砝码和位移模拟装置（见 0.2.5）来模拟皮带的位移。试验装置应配备：

a) 一整套不带输送机的皮带秤；b) 典型的承载器，通常为完整的称量台；c) 施加标准砝码的平台或秤盘；d) 能够对由位移传感器测量的整个皮带长度和操作人员预设的等量皮带长度与恒定载荷积分结果进行比较的运行检查装置即积算器；e) 位移模拟装置。

6.7.2 性能试验

试验应在整台皮带秤上进行，除非衡器的规格或配置不能让其作为一套设备来试验，在此情况下，可对电子装置进行单独测试，而不应将电子装置进一步拆散对各部件进行测试。

此外，还应对整套运行的皮带秤进行检查，或者在必要的情况下从实际出发，对可以充分代表皮带秤的模拟设备中的电子装置进行检查。

A.7 型式评价的影响因子和干扰试验

衡器可以在模拟运行条件下进行影响因子试验，各种条件下允许的干扰影响都有明确的规定。

A.7.1.1 用静态载荷在无皮带输送机情况下进行模拟运行试验

在允许情况下，用于影响因子和干扰试验的模拟器应包括称重系统中的所有电子装置。

A.7.1.2 使用模拟装置

模拟装置也应包括传感器和使用标准试验载荷的装置。如果用模拟装置来测试一个模块，模拟

装置的重复性和稳定性应使其能以至少与用砝码在整台衡器上进行试验时相同的精度来确定模块的性能。要用适合于该模块的 MPE（最大允许误差）。模拟装置必须能提供一个考虑了适当的分配系数 P_i 的最小输入信号，单位为 $\mu\text{V}/d$ （每个分度值对应的最大输入信号电压）。

使用的方法，应在评估报告及其可追溯文件中标注出来。试验中衡器模拟装置应根据硬件和功能划分，并引用可保证复现试验条件所必须的其它文件。

(3) OIML R134-2006 版《动态轴重公路车辆自动衡器 Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads》^[3]

OIML R134 中有关模拟试验及装置的主要内容摘录如下：

5.1.2 型式评价一般要求

型式评价应在代表特定型式的至少一台或最多不超过三台动态汽车衡样机上进行。至少一台在现场完整安装的样机上进行试验；另外至少还要有一台样机（整机或电子装置）适合在实验室进行模拟试验。

5.1.3 型式评价

可以进行某种程度上的试验，防止不必要的资源浪费。

5.1.3.3 模拟试验

动态汽车衡应按照 2.7 和 4 的要求进行影响因子模拟试验。

6.14.2 性能试验

试验是在整机进行，除非衡器的尺寸和/或配置不合作为一个试验单元。在这种情况下，独立的电子装置应进行测试，它的目的不是进一步拆除电子器件部件的独立测试。此外，检查应在充分运作的衡器上进行，如必要应在充分代表衡器的模拟电子设备装置上进行。

(4) OIML R61-1CD,2012 版《重力式自动装料衡器 Automatic gravimetric filling instruments》^[4]

OIML R61 中有关模拟试验及装置的主要内容摘录如下：

8.2.2 型式评价总体要求

型式评价应在一台或多台（通常不超过三台）能代表规定型式的衡器上进行。其中至少一台衡器应在形式上适合在实验室做模拟试验，它应包括能影响称量结果的全部电子部件，组合衡器应至少包括一个具有代表性的称重单元。

8.2.3 型式评价

法定计量机构应该：以一种避免不必要的资源投入的方法来进行试验。

A 6.1.1 一般要求

通常对于自动处理物料的装料衡器不可能进行影响因子或干扰试验，所以应按这里规定的静态或模拟条件对衡器进行影响因子或干扰试验。

A 6.1.2. 模拟装置的要求

A 6.1.2.1 概述

用于影响因子和干扰试验的模拟装置应包括称重系统中的所有电子装置。

A 6.1.2.2 称重模拟装置

称重模拟装置应包括称重传感器并含有施加标准试验载荷的方法，如果无法实现这一要求，比如对于称量范围大的衡器，就可以使用称重传感器模拟装置，或者是修改称重传感器接口，通过比例系数，利用较小的试验载荷完成实际设计要求的输出。

称重传感器模拟装置的重复性和稳定性应使其能确定被测衡器的性能，且应与使用标准砝码试验装料衡器具有相同的准确度。

2. 模拟试验及模拟装置的解析

根据上述国际建议的内容并结合 GB/T 14250-2008 国标《衡器术语》的内容，对模拟试验及装置统一描述和进一步深入的理解如下：

(1) 模拟试验

1) 模拟试验的概念

在衡器整机或局部上所进行的模拟其在称量操作中所执行的某一功能的一种试验。

2) 为何要做模拟试验？

第一种情况：

由于衡器在使用中所处的环境不允许在现场进行某些性能试验，或者考虑到不浪费人力和物力的情况下，模拟现场条件进行特定的性能测试。

例 A：衡器的温度、湿度、EMC 及安全性能试验；

例 B：大型衡器的标定砝码无法在现场实施全秤量的测试，而采用了一定比例的砝码或采用专用辅助检定装置进行的测试。

例 C：由于工业自动衡器现场使用的物料无法复现，只能采用较为接近的物料所进行的模拟物料试验，或者干脆用模拟信号代替通过的物料进行的测试。

第二种情况：

由于衡器的体积较大，不可能整机进行性能测试，只能采用衡器的局部进行某些性能试验。

例 A：采用模块试验——例如称重传感器和称重指示器的测试。

例 B：采用模拟器试验——例如不带输送机的皮带秤的测试，在试验中应使用标准砝码和位移模拟装置。

3) 模拟试验如何区分和选择整机做或局部做呢？

第一种情况：

在条件许可的情况下，一般都要在整机上进行模拟试验，整机模拟试验应该为优先选择；

第二种情况：

在无法进行整机试验的情况下，才考虑在局部上进行模拟试验。例如整机空间太大无法实施影响因子和干扰试验。

4) 如何做模拟试验？

模拟试验方法也可分为两种情况：

第一种情况：

整机完成某项特定的性能试验，例如进行影响因子和干扰试验，方法根据衡器各自标准中规定

的内容进行；

第二种情况：

衡器局部模块上进行的试验，测试方法应符合各部件的相关标准及整机测试中规定的试验项目，例如称重传感器应根据 GB/T 7551-2007《称重传感器》，称重指示器应根据 GB/T 7724-2008《电子称重仪表》进行测试，每个局部模块的准确度应符合整机对于各局部部件的误差分配系数的要求。

(2) 模拟试验装置

1) 模拟器

A. 用来进行影响因子或干扰试验的模拟试验装置

该模拟器一般应包括称重系统的全部电子部件，还应包括称重传感器和施加标准砝码（试验载荷）的不同设施。

例如：汽车衡模拟加载装置、吊钩秤模拟加载装置、轨道衡模拟加载装置。

B. 用来进行静态载荷试验的模拟试验装置

例一：不带输送机的皮带秤静态载荷试验装置，该模拟器应包括使用标准砝码、位移模拟装置和不带输送机的皮带秤。

例二：料斗结构的自动、非自动衡器模拟加载静态试验装置。

例三：用于测试称重指示器或控制系统的带标准模拟电信号输出的模拟器。

C. 用来进行动态载荷试验的模拟试验装置

例一：皮带秤模拟物料动态载荷试验装置、循环链码、链码、挂码、片码以及模拟信号试验装置等。

例二：包装秤模拟物料自动循环称重试验装置、组合秤物料自动循环试验装置、液体灌装秤液体物料试验装置、非连续累计自动料斗秤物料自动循环称重试验装置等。

2) 模块

用来完成一种或多种特定功能的可识别部件。该部件可以根据相关国际建议中的计量和技术要求来单独评价。衡器的模块服从规定的衡器局部误差限的要求。典型的衡器模块为：称重传感器、称重指示器、模拟或数字数据处理装置、称重模块、终端、主要显示器等。

3. 一些问题的认识与讨论

(1) 模拟加载装置代替实际加载，其实用性、科学性如何考虑？

首先需要明确的是在型式评价中，模拟加载装置必须要有相应的型式评价大纲的规定，并得到实际承担测试的技术机构的认可。不管怎么说，模拟加载装置是由于不具备实际加载的条件下，才不得已而为之的手段。

其次，在各个衡器的国际建议中都有明确规定，要充分考虑到各种影响因素，在经过严格认真的评估后才可认为可替代实际加载的状况。

当然模拟加载的最大好处，可以节省大量的人力和物力。但是在实施过程中应该考虑到不同方案的比较。同样可以节省人物力的方案，通过比较选择最佳方案既要考虑实用性，还要考虑其科学性与合理性。现举例说明如下：

问题一：

我们在考虑做静态汽车衡的温、湿度试验时，是做一个按照比例缩小的整机模拟承载器好，还是干脆就用模块代替呢？国际建议没有明确规定必须采用那一种方法，只提到防止不必要的资源浪费原则。如果仅做一个典型的经过缩小的整机模拟承载器，则称重传感器的规格与数量在一个系列和一个承载器中的不同，可能带来的影响如何考虑？即使是同一最大秤量的汽车衡，采用四个、六个和采用八个称重传感器，在加载温湿度试验时带来的测试结果，是否相差较大？还有承载器大小尺寸不一样对于热胀冷缩的膨胀系数对衡器计量准确度的影响如何考虑？标准加载装置的空间与结构的复杂程度的经济性是否考虑过？如果在上述问题没有充分的认证下，我个人认为还是按照现有衡器国际建议的做法，即为了防止不必要的资源浪费，采用经过认证测试的模块法进行温、湿度试验较为经济与实用，而且得到国际上的认可。然后，对于大型衡器的整机温、湿度试验，可以通过在现场的长期稳定性考核来监控。

问题二：

我们在考虑做静态汽车衡的常规砝码检定中，用模拟加载装置替代砝码加载的做法，在国内已有多次报道并已通过科技部立项准备大面积推广实施，这是件好事。但是有一件事必须要明确的是，标准器的溯源。根据国际上对于衡器标准器的要求，第一：是用于计量性能测试的装置，必须是被测衡器准确度的三倍，甚至五倍。也就是说，如果该装置的准确度刚通过标定，应该是被测衡器准确度的三倍。如果该装置标定时间离开现场使用时间较远，但在检定周期内时，则应该是被测衡器准确度的五倍。第二：作为该装置中的称重传感器，其准确度应符合系统误差分配系数的要求，也就是说其中的称重传感器必须远高于该装置的准确度。

例如：一台现场需要标定 3000 分度的汽车衡，首先要明确该模拟加载装置的准确度必须起码要达到 9000 分度，甚至要达到 15000 分度才能适用。其次还要考虑该装置中的称重传感器的要求，还要远高于 9000 分度，甚至 15000 分度，根据该装置的系统误差的分配，一般传感器应该是系统误差的 0.7 倍，也就是说该装置对于其中的传感器的要求比整个装置的允许误差还要小 30%，由此可见用于该装置的称重传感器的准确度必须在 20000 分度以上。不知该装置用的称重传感器能否达到如此高的准确度？还有一点必须强调的是：该称重传感器是在室外工作，其环境条件诸如温湿度及刮风下雨等因素对准确度的影响更加不容忽视。如果做不到，那么该装置就不能用来正式检定用了。

（2）模拟物料试验装置的目的？模拟装置的使用工况是否与实际相符？能否真正起到代替实际使用物料的作用？

目前自动衡器由于大部分都是工业大型衡器，在型评中最大的问题是如何做物料试验，而很多现场是很难允许按照标准或型评大纲要求来做完整的物料试验的，原因是现场不允许将生产工艺调整，增加符合物料试验条件要求的装置甚至需改造生产空间，为此国内不少衡器生产厂和各地型评技术机构，纷纷在非用户现场上马模拟物料测试装置，这应该是件好事。从不过分浪费用户现场的资源 and 人力物力的角度考虑，是需要提倡的。但是我认为有几个问题是需要澄清和关注的：

问题一：

物料模拟试验装置的使用工况与实际相符的程度，需要认证考虑。因为，很多模拟装置在设计

时只考虑可以循环做物料试验即可，但忽略了使用工况对实际现场使用准确度的影响。例如，现在正在起草的定量皮带秤国家标准准备增加在非用户现场做物料试验的条款。但是标准起草者没有认真分析，真正影响定量皮带秤定量控制准确度的几个关键工况因素。例如：实际进料口的物料流量控制方式的不同对整机定量控制准确度的影响大小，还有进料口加料方式的不同对整机定量控制准确度的影响大小，还有进、出料口的大小对整机定量控制准确度影响大小，还有进料口物料料柱高低造成不同的仓压对整机定量控制准确度影响大小等因素。这些严重影响定量皮带秤的因素，如果不加以考虑，很可能即使通过了模拟物料试验，但是由于实际使用工况的不同，会带来完全不同的结果。目前有些生产厂正在做的同样属于定量皮带秤的称重式给煤机的物料模拟试验装置，我看了有关的报道，认为同样需要考虑上述问题的存在。特别需要指出的是，虽然试验的进出口距离与实际一样了，但是物料进料口直径的不同大小的影响，还有料仓落料管的料柱高度在用户现场是相差很大的，有的大到数十米高度，有的短到只有数米高度，由于试验装置本身的空间的限制，要达到现场实际使用工况难度很大，这些不同势必会造成对给煤机的测试准确度的影响。试验的结果能否替代实际使用的效果有待进一步考虑。

问题二：

在衡器国际建议中对于物料试验的原则，是采用现场可能计量的物料及使用工况。如果在物料模拟试验装置中所使用的物料的选用，仅考虑不要长期使用而使装置磨损，或者试验时尽量不会扬尘，造成污染环境，而忽略现场实际使用的物料特性对称量准确度的影响，还有由于现场使用的皮带张力的变化及托辊的磨损，现场物料输送流量及速度的不稳定等因素都将会使得这些试验装置的可信度大打折扣。所以笔者建议，这些装置在试验中，应尽量考虑现场由于物料的不同会带来的各种影响因素，例如可以模拟物料的粘滞所造成的摩擦阻力，可以模拟物料可能的粒度不同的杂物对计量准确度的测试，可以模拟皮带在物料输送中对秤体的水平力的变化的测试，可以模拟托辊状态的变化测试等等措施。可喜的是近几年一些卓有远见的企业，例如南京三埃工控股份有限公司所实施的物料测试装置比较详细的考虑了皮带张力的调整、物料流量调整、物料偏载调整、皮带跑偏、托辊偏心、槽角变化、物料的粘滞、物料粒度等不同特性可能带来的不同准确度的各种测试项目，为物料模拟试验装置能够尽量接近现场使用物料及可能的各种特殊工况创造了条件。笔者建议，目前国内各类自动衡器的物料模拟试验装置不要忽略了现场使用物料及工况的要求，使得模拟试验装置的测试数据更具说服力。

（3）模块或部件测试完成，还要进行整机测试吗？

目前在我国的衡器行业中似乎有一种错误的认识存在，以为只要用模块或部件进行测试，就可以代替整机，无需再做计量性能的测试了。其实不然，因为模块或部件进行的测试仅替代一部分不能进行整机测试的项目，这些测试是不得已而为之。严格意义上说，整机测试是能最完整地体现出该衡器的各种性能的实际水平。

在大部分衡器的国际建议和我国标准及规程大纲中，都明确规定可以采用模块或部件测试用于衡器的型式评价的影响因子和干扰试验，而且有个先决条件就是整机无法实施或实施较困难的情况下。至于称量测试则主要由整机来完成，例如静态性能测试要加砝码，动态或自动性能测试要由被

测试物在整机上完成。只有少数像上面所述，无法实施整机测试的项目可由部件测试甚至模块代替局部测试项目，这些模块或部件进行的测试，除了在相应的标准规程大纲中规定外，具体的实施方案还要得到相应法定技术机构的认可。

对于模块或部件测试结果必须符合各自衡器的局部误差分配系数的要求，例如称重传感器一般规定的误差分配系数为 0.7，而称重指示器的误差分配系数为 0.5，或者根据系统调整，但无论如何不得超过 0.8 的误差分配系数。也就是说，一台衡器如果要用模块或部件进行测试，其测试结果的要求要远高于整机准确度的要求，所以对于衡器生产商来说，应尽量用整机进行测试，以避免由于过高的要求使得测试通不过。

4. 结束语

在我国近几年，衡器的型式评价模拟试验一直是各生产厂和法定技术机构的热点议题。本文先从一些 OIML 衡器国际建议中有关型式评价试验中的模拟试验与装置的规定入手，然后介绍了模拟试验及模拟装置的认识与理解，较全面的阐述了衡器在型式评价试验中模拟试验及装置的作用与方法，最后重点提出了本人对目前我国在模拟试验装置及在实施过程中的一些错误方法的看法与建议。目的是抛砖引玉展开讨论，以引起我国衡器同行对模拟试验及装置的关注，不要由于认识和做法的不到位，从而造成不必要的损失。

参考文献

1. 国际法制计量组织 OIML R76-2006 《非自动衡器 Non-Automatic weighing instrument》 [S];
2. 国际法制计量组织 OIML R50-5CD 《连续累计自动衡器（皮带秤） Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers)》 [S];
3. 国际法制计量组织 OIML R134-2006 《动态轴重公路车辆自动衡器 Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads》 [S];
4. 国际法制计量组织 OIML R61-1CD,2012 《重力式自动装料衡器 Automatic gravimetric filling instruments》 [S]。