

耐久性试验

□中国计量科学研究院 周祖濂

【摘要】本文对耐久性及其耐久性试验的内含进行了讨论，提出对耐久性、耐久性试验可用不同形式来表述，例如对汽车衡的耐久性，对我国有关室内、室外耐久性的运行讲述了本人观点和意见，并对衡器如何制定规程做了简要说明。

【关键词】耐久性；耐久性试验；皮带秤耐久性；汽车衡耐久性

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）11-0013-04

引言

耐久性（Endurance）这一术语和耐久性试验，最早是在OIML国际建议R76-1“非自动衡器”中提出的。从术语的定义和试验的内容上来看，是针对100Kg以下量程的衡器。要求在正常使用条件下，经受约为50%Max载荷的重复加、卸载100,000次，要求因“磨损”引起的耐久性误差值不大于衡器的最大允许误差（MPE）的绝对值。

在此之后的OIML有关衡器的国际建议中，均提出耐久性试验的要求。但我国至今除了皮带秤的耐久性试验做了不少研究工作外，还未见到其他有关耐久性试验的文章和报告。

衡器耐久性试验的内容和结果不仅与衡器后续检定结果间有着紧密的关联，与衡器可靠性、使用寿命、衡器标准之间也有关联。

在此我想对耐久性谈谈自己的认识，供大家讨论和指正。

1 非自动衡器的耐久性

根据非自动衡器耐久性试验，需要在正常使用条件下50%Max载荷下加、卸载十万次的测试，仍能满足不超过最大允许误差的要求。

若一年365天衡器每天使用100次，则该衡器一年共使用36500次。相对十万次加、卸载而言，相当于2.7年左右。实际上这样的耐久性试验与对衡器进行重复性测试的情况很近似，只不过耐久性试验的

次数要多得多，且只在一个固定载荷50%Max下进行测试。

通常对衡器后续检定周期大多规定为半年。将使用中的误差范围规定为首次检定时最大允许误差（MPE）的两倍，即（2MPE）。通常使用最大量程不超过100Kg的衡器，多为零售用衡器，且这些衡器大多在室内常温下工作，其使用温度不超过衡器的检定温度（-10℃~+40℃）。正常情况下，通过耐久性试验的衡器至少在两年内不应超过最大允许误差（MPE）。按此条件，是否可以认为衡器在首检后两年内不会超出使用中的误差范围，检定周期可增长很多时间？另一方面，为了确保衡器能经受十万次的加、卸载试验，在衡器标准中应制定相应的技术要求才合理。

2 汽车衡的耐久性

早在上世纪七、八十年代，为了满足用户的需求，一些衡器制造厂开始增大汽车衡的最大称量和分段称量的额定值。然而令大多数人感到惊讶的是，在这样的载荷下，衡器仍会遭受预想不到的结构上不可逆的损坏。尽管如此，厂家依旧将衡器的称量值定得很高，但又告诉用户汽车衡载荷要限制在高速公路允许的载荷限额内。当时全世界汽车衡的承载量如何规定没有定论，只有美国在这方面做了一些探索性的工作，试图寻求规定汽车衡负载量的一致方法。

1986年，在Albuquerque举办的称重和测量国际讨论National Conference on Weightings and Measures(简写NCWM)的年会上，非正式交谈中曾对此问题给予了关注，从而在1987年的临时会议上组成一个该产业的工作组，检讨有关最大秤量与分段秤量定义的工作。其后，在1987年NCWM的技术条件和公差委员会(Specifications and Tolerances 简称S&T)考虑提出解决这个问题的方法。

在1988年临时会上，由衡器制造协会(Scale Manufactures Association, 简写为SWA)提出了额定集中载荷的概念，并得到S&T委员会的赞同。SWA的建议是将汽车衡标称秤量与额定集中载荷联系起来，集中载荷称量(CLC)值由厂家规定，为衡器设计可达到的最大集中载荷值，它与汽车衡标称秤量之间的关系如下：

$$\text{最大秤量} \leq \text{CLC} \times (N-0.5)$$

其中，N为汽车衡的分段数。

这样的表示可消除对汽车衡秤量的错误表示，以保证在分段加载试验时，最大载荷达到CLC载荷值时仍能正常运行，使用时载荷不超过CLC值，能确保汽车衡安全可靠。在1989年版的美国44号手册上已对此做出修改，增加了上面提到的最大秤量，集中载荷称量与衡器之间分段数关系的要求。

在此要特别提出关于动态汽车衡的技术要求，是要满足在运动状态下的技术要求，是必须建立在动态试验，动态环境条件下得到技术结论，而不是静力学经过应力计算的结果。动态条件下的要求对衡器这样一个产业，无论从技术、经验和人力、财力方面要得到一个满意的技术结论，实际操作中存在很大的困难。然而，有关需要不需要增加CLC技术条件和如何确定CLC值，自1988年以来很多衡器生产厂家以及有关衡器的国际会议都提出过各种方案和试验，均没有结论。直到1994年年会上，由Metter-Toledo公司提出借用联邦高速公路管理局关于桥梁毛重负载公式B(Federal Highway Administration's Bridge Gross Weighting Formula B)，来确定CLC的额定值。该公式用来保护当车辆通过时，由于过大集中载荷造成桥梁损坏额定载荷，该公式的规定最接近动态汽车衡安全保护的要求，只需将汽车衡的分段或模块等效于桥梁间隔载荷来考虑。

FHWA桥梁公式：

$$\frac{(L+N)}{N-1}$$

$$W = 500$$

$$+12N + 36$$

式中，L——第一个轴与最后一个之间的距离(呎)

N——轴组的数目

为了将汽车衡的CLC额定值与上式W值联系起来，W值增加一个所谓的修正因子“r”。这样可以通过L值和汽车衡轴数，通过查表来求CLC值，这种做法有其优点，但在现场操作起来仍比较复杂。之后在1996年的年会上又对此法做了改进。

有关防止汽车动态，因“超载”行驶造成损坏的问题，自1986年历经10年时间，成为大家基本认可的技术要求。

在本文中不是为了讨论和介绍设定CLC额定值技术要求的过程和技术问题，对该问题做比较详细介绍在我翻译的“Concentrated Load Capacity——An Overview”文章中已有介绍，文章发表在W&M/April97杂志上，距今已有20多年了。我因早已退休，有关CLC的规定请读者自行参考新的规定。

我认为对衡器耐久性的规定除在国际建议中，规定出对该衡器耐久性定义试验目的、方法、要求等外，也可以像对动态汽车规定CLC额定值，用来防止因车辆过载造成衡器损害的技术要求，达到与耐久性试验同等的结果，这就是我对动态汽车耐久性要求的观点。

3 皮带秤的耐久性

我国曾对皮带秤的耐久性做过长时间的探讨，并成立了皮带秤耐久性工作组，投入了大量的人力和财力，取得的结果尽管在国际衡器会议上做过介绍，受到了好评，但未得到认可。

对皮带秤的耐久性评定的技术指标，必须经过现场对皮带秤的实际测定才能确定，才能根据实测的结果，通过检定要求设定的耐久性试验，来验证在实验室条件下做的试验能否替代皮带秤在实际使用中耐久性的评定。所以在较长的一段时间内，制定皮带秤耐久性的技术要求和试验程序，实验人员

都应将室内和现场的测量数据进行对比、分析，最终才能确定是否用室内试验来全部或部分代替皮带秤现场试验，也才能规定对耐久性试验的技术指标和要求。

从根本上讲，我认为耐久性对衡器而言，主要是在不考虑温度等影响因子的影响下，测定该衡器量程测量值保持在误差范围内的耐久性要求。

通常将作用在皮带秤称重组件下，称重传感器上的作用力用下式表示：

$$P_n = nqL \pm 2k \frac{d}{L} T$$

式中 q 为皮带秤单位长度的重量， $2L$ 为称重托辊的间距， d 为准直偏差量， T 为皮带张力， K 为皮带效应系数， n 为称重托辊的数量。

为承载器上物料的称重量，皮带秤的称重台与静态秤承载器的结构基本上无差异。所以它的耐久性应与静态秤十万次加、卸载的指标差不多，其耐久性主要是取决于 $(2K \frac{d}{L} T)$ ，与皮带张力有关，与皮带传输机安装状况有关，因此对皮带秤耐久性的评定，要比加、卸载十万次评定静态秤的耐久性评定复杂得多，需要足够的时间对室内和现场测量数据的累积、分析、比较，才可得出比较合理的评定标准。

4 耐久性与检定

中国的衡器检定规程基本上是与OIML国际组织相应的国际建议等同使用，将国际建议的原文直接译为中文或稍加改动作为我国的检定规程。这样就使得衡器行业的不少从业人员，包括专业人士不知道或不清楚应如何制定衡器检定规程。

制定衡器检定规程，首先是根据需要确定该衡器的最大允许误差。检定周期通常预先规定为半年，这样大体上可考查衡器在热天和冷天气温条件下对衡器测量误差的影响。在此基本规定下，必须经过对大量产品、不同厂家的衡器进行长时间的测量，并对大量数据进行统计分析，才能验证我们对该衡器预定的最大允许误差、检定周期是否合理可行。否则应对实际情况进行修改，经过一段时间的试运行，再定稿，最后正式通过。所以制定一个新的检定规程或增减一项检定项目，需要比较长的一段工作时间进行认真的检测，以便收集足够的数

据。所以说检定规程是建立在科学可靠的大量测量数据的基础上的文件，不是仅靠做一个课题或写一篇文章，就可以轻易得出结论的。

我们曾因国内吊秤的测量误差达不到欧美国家的准确度，在制定吊秤的检定规程时，规定进口和国产两种秤遵循不同要求：进口吊秤需要满足欧美的要求，而国内的吊秤则按我们实际要求进行检定。

耐久性试验的制定也应和检定规程的制定一样，建立在大量数据测量结果的基础上。

然而在现场或室外对一些大型衡器做检定，制定检定规程以及耐久性所做的试验，是一项非常艰难的长期工作，特别是对如皮带秤这样的大型衡器所做的耐久性试验，必须通过实物测量，这将是一个极具挑战性和艰难的操作过程。

耐久性试验的“力度”，应比衡器使用中的周期检定大得多。例如对小型衡器耐久性的加、卸载十万次试验，就比周期检定的“力度”大很多。

我认为对衡器耐久性试验的主要关注点应放在该衡器量程测量的变动性上。在测定量程的重复性、稳定性试验时，应当尽量排除影响因子的影响。主要是温度的影响，使得在测量时不需要考虑当时气温对量程的影响，只需要在同等温度条件下注意量程重复性的变化。

我们总希望在实验室内所做的耐久性试验，能尽量替代室外皮带秤等衡器的耐久性试验。因为实验室内的试验不仅可比性、可重复性优于室外试验，而且省力、省钱，试验时间也可以大大减少。但是室内的试验是建立在现场试验测量数据的基础上，所以不能说我们现在室内、室外耐久性试验哪个更合理，而是需要长时间对比两种试验结果。尽量人们希望有更多的试验项目能在室内进行。

物品的耐久性可以被认为是用户使用产品时，厂家对该产品性能的一种承诺。用户总希望买到的物品经久耐用、安全可靠，所以对耐久性的要求会有很多种方式，例如要求产品保修一年，也可以认为是厂家对耐久性的承诺。通过耐久性定量、定性来确定该物品的耐久性是比较严格的科学表述，但并不能表示该物品的“寿命”和在使用中是否已超过技术指标，也不能判断该衡器此时是否已经超过允许误差。因此，在衡器使用时对检定衡器的耐久性

的检测具有不同的要求和不同的目的。衡器的周期检定是为了检查该衡器是否仍保持在可接受得准确度量级上是一项重要工作，也是国家保护消费者权益的强制性行为。耐久性生产厂家对产品性能、质量的承诺，在使用当中可以不受法定检测的约束。

无论是对衡器检定的最大允许误差、检定周期，还是对衡器耐久性试验的技术要求，使用中检测都是根据皮带秤的实测数据来确定的。

有一点要特别指出，对于大型衡器，特别是皮带秤、轨道衡、汽车衡，我们不能认为该类衡器经过型式认证，就能确定其达到某准确度的级别，在现场安装成功后，就可用型式认证的准确度级别确定其实际的测量误差。

首次检定是唯一能确定衡器在正式使用时准确度级别的依据。只有在首次检定的结果与型式批准时的结果相一致的情况下，才能确定该衡器达到型式批准的准确度级别。例如0.2级的皮带秤，特别是大吨位量程的皮带秤，首次检定时要确认误差为0.1%是很不易做到的。

对衡器耐久性试验，我认为没有必要硬性规定“定期”检测。非自动衡器的耐久性经型式认证后并没有再提出后续的检测要求。而对于皮带秤，我认为每次使用前先静态测量称重装置称量变动性，例如用挂码，再通过对零点动态的变动值的测定，就

可发现皮带秤的耐久性变化。我曾在荷兰阿姆斯特丹港口考察时，他们就是用这种方法观察皮带秤是否仍满足计量要求，他们的皮带秤大多为万吨级。若用实物检定一次，这样大的检定工作几乎是极难做到的。

5 结语

现阶段根据GB/17721—2017之9.1.7.2规定耐久性试验，应在实验室或现场利用物料实际运行的工作状态来进行试验。还应继续并对测量结果进行累积比较两者的效果，验证是否经过耐久性试验的更能保证性能的优良性。并且最终能否将耐久性试验在实验室内进行。

实际上室内、室外共同进行试验是我们制定耐久性试验的开始，对衡器室内、室外共同进行并行试验比较一段时间，才有可能制定合理、科学的规则。

参考文献

- [1] 美国国家标准计量机构(NIST) 44号手册2.20章.
- [2] GB/17721—2017 连续累计自动衡器(皮带秤).
- [3] Concentrated Load Capacity——An Overview.

作者简介

周祖濂，云南大学物理系毕业，中国计量科学研究院质量称重室主任，高级工程师，1998年退休。