

《称重手册》第十章解读

中国计量科学研究院 周祖濂

摘要：德国曼弗雷德·柯希克主编的《称重手册》中第十章主要讨论衡器的稳定性问题，本文作者读后认为其论述的内容与我们所说的衡器的耐久性是一致的。文中主要介绍了德国 PTB 对此问题认识，分析和评价方法。

关键字：衡器的稳定性、衡器的耐久性，机械和电子元件的失效，动态疲劳试验

德国曼弗雷德·柯希克主编，邹炳易译的《称重手册》，由 Chu. U. Volkman 编写的第十章“衡器的测量稳定性问题”中所讨论的问题，实质上与我们所谓的衡器耐久性是一致的。文中讨论衡器“机械和电子元件失效”对“稳定性”的影响，并通过型式批准检定来保障测量的稳定性。

稳定性一词的德文是 Berubigung，该词的原意是“镇定”、“安定”，也可延伸为“放心”，这与中文“耐久性”的词意有一定差异。我们在讨论国际建议和国外的一些议题时，往往是由中文译文的含义去讨论或争论。由于中西文化上的差异，译者对该原文的理解，加上我们极少有机会参加国际上有关的会议，就导致我们对一些术语、参数认识的偏差，甚至错误。然而第十章所讨论的内容，我认为与我们所理解的“耐久性”是等值的。

此书作者指出：“对于衡器和对于每一件技术物品一样，不仅要

求它在新工作状况下照样正常工作，以及保证其特性与应用的范围和准确度相符，而且还要求它在一定的使用时期内，充分地维持这些特性。”并对这种技术特性的能力，用“可靠性”这个概念表达。德文可靠性 *Zuverlässigkeit* 一词的原意是“可靠”、“可信任”。而作者认为“对于计量器具，我们一般不说可靠性，而是代之以测量的稳定性，或者说计量的确定性”。对衡器的稳定性的评价和检定批准，主要是针对衡器的结构型式，要求“此种结构型式有望得到正确的测量结果和足够的测量稳定性（计量的确定性）”，并要求对衡器的稳定性通过型式批准“检定以后 1、2 或 3 年的检定有效期内，不显示错误的称量结果”。按照德国计量法的规定，“一台衡器在检定之前，其结构型式必须是已经批准过的。”

作者认为“损害计量器具的测量稳定性的原因”主要有以下三方面：

- 过载，也就是在被测量或者环境条件所规定的范围以外使用；
- 因不断重复（按规定）使用而造成的疲劳，如疲劳断裂、摩擦、磨损；
- 经过较长的时间，由于腐蚀或其它变化而造成的老化，这种老化与使用无关。

之所以提出计量器具测量稳定性的问题，是由于计量器具在“经历过不同的时间以后可能导致故障，也就是‘丧失完成特定功能的能力’（DIN4004），这里所说的‘功能’是指衡器在一定的环境条件和使用条件下，显示出正确的重量值的能力”，上面是造成故障的三个

原因。我们的目的是如何通过“批准检定”来评判衡器的“稳定性”，其实要用试验来评价计量器具或任何测量装置的“稳定性”或“可靠性”，是一个非常困难和复杂的问题。“可靠性”本身在工程领域中是一个很大的学科。就上述三个引起衡器能力失效中，第三点就难通过试验方法来评判。对于衡器这类比较简单的装置，一般认为第二条是造成功能失效的比较容易判断的、可用试验方法来表述的原因。通常认为是由于“机械和电子元件的失效”。机械元件的失效，主要是因为磨损、疲劳等因素所致，是一种随使用时间增加而渐变的过程，它使测量值逐渐地超出允差限，发生所谓的漂移失效。电气元件的失效，若使用的元件未经老化处理，在开始使用时，电气元件的失效率就会很高，之后失效率才会下降至一个较低的平稳状态。所以通常我们都是使用经事先老化的电气元件，来保证低的电气元件的失效性。

对于判断衡器的稳定性的检验，主要是针对“显示出正确的重量值的能力”的主体部件。而不包括其它辅助装置。德国是最早研究衡器“稳定性”的国家，PTB 通过对衡器（非自动衡器）连续进行长时间加载的疲劳负荷试验，作为判定衡器稳定性的型式批准时的强制检定项目。规定试验要求在接近 Max 负荷条件下，对各准确度等级衡器交替加荷和卸荷的次数：

I 级衡器 50,000 次

II 级到 III 级衡器 200,000 次

计价标签机 1,000,000 次

国际法制计量组织（OIML）在 1992 年版 R76 号国际建议中，有

关“耐久性试验”的条款就是依据 PTB 的规定制定。“在正常使用条件下，使衡器经受约为 50% Max 载荷的重复加载荷与卸载荷，并且加、卸载荷应达到 100,000 次，其频率与速度应使衡器在加、卸载荷时达到平衡”，其误差不应大于最大允许误差的绝对值。对于电气元件的失效性试验可根据现行的有关电子元器件的试验进行。所以，衡器的电气元件的失效原则上讲对造成“稳定性”或“耐久性”故障无关，造成衡器的“稳定性”和“耐久性”故障所引起的超过允许的误差限，主要是由机械元件的磨损疲劳所致。PTB 对衡器“稳定性”功能检验试验的研究主要也是针对衡器的机械元件。

国际法制计量组织（OIML）公布的有关衡器的七个国际建议，除多斗组合秤外，所有其他衡器的承载器的机械构造原则上与 R76 号非自动衡器的承载器的构造相同，而且在它们的国际建议中都要求其静态计量指标能达到相应非自动衡器的允差要求。因此可以认为对非自动衡器“稳定性”或“耐久性”的试验是带有普遍性的，是对衡器“稳定性”或“耐久性”性能的基本要求。

根据 OIML R76 号国际建议，以及德国 PTB 是将耐久性测试（稳定性）列为衡器型式批准的试验项目。型式批准试验包括计量要求、功能试验和“大量的技术试验，主要包括动态疲劳试验、温度试验，以及干扰量和影响量的作用试验。PTB 型式评价规定：“对于构造简单的机械式衡器，我们在检定时，只需要查明该衡器是否遵守在 E 09 中规定有关结构上的条款就行了。对于构造较复杂和新设计的机械式衡器，将对各部件提出的强度上的证明，并进行长时间的疲劳负荷试

验”。通过这种对结构型式试验，是为了“有望得到正确的测量结果和足够的测量稳定性(测量的确定性)”。所以耐久性试验的目的是“来预见该系列的产品在检定的有效周期以内的一致性状”。在德国对于“计量器具的检定有效期 2 年”，而对于绝大多数衡器“检定的有效期一般是 2 年”。

耐久性试验是针对衡器生产厂的新产品，或该厂家初次生产的产品在准许投产时能够证明其产品在结构上，使其保证衡器在检定有效期内具有正确的测量结果和足够的测量稳定性，而无须在使用中再重复的性能试验，这与衡器在使用中随后检定的性质和内容有根本性的区别。耐久性试验应该是对“显示出正确的重量值的能力”的称重的主体部件在室内环境可控的、可重复和可比对的条件下进行试验，例如：我以为对皮带秤的耐久性也应该在室内，在某一特定的可控制皮带张力，速度和载荷的试验台上进行耐久性试验，主要也是测定皮带秤称重台的耐磨损、耐疲劳的能力，皮带秤的承载器与一般承载器最大的区别，载荷是通过皮带施加在秤台上的称重托辊。皮带秤的称重精度，很大程度上取决于称重托辊的质量，所以使用中称重托辊的磨损对测量精度的影响是非常明显的。

从对《称重手册》第十章阅读的体会，感到我们在对衡器的某些问题的认知和理解上，与国外的认知是有差异的，从文章下面提到的两方面也是我们很少有人注意到。

在德国认为“绝大部分衡器都是用于商业贸易的，其称重作业绝大部分都是可以重复的，甚至当连续工作的衡器失误时，如果无法称

重的话，也‘只是’涉及经济利益。涉及人身和生命原因，而对衡器的可供使用性要求很高的情况，顶多也只是在医疗工作上的不可重复性称重中，或许才会出现”，并要求前一类衡器“始终正确显示”，后一类衡器“没有错误的显示”。出现这种错误对电子衡器主要是由于电子器件失效。为了使用户在使用衡器出现“功能故障”时能被确认出来，一般要求：

a) 输出一个对于称量结果的报警信号，而衡器此时或许还能继续使用；

b) 没有称量结果，衡器静止下来；

c) 利用其它组件，或者说第二套线路，承担起被干扰了的功能。

国外的衡器要求备有能识别上述故障的检查电路，按情况 a) 和情况 b) 而设计的线路，实现了所谓功能故障识别性 (FFE)，按情况 c) 设计的线路则实现所谓功能故障的保险 (FFE)。在医疗卫生等方面，往往测量结果的特定性不可重复，为了保证计量确定性，要采用价钱很贵的“可靠性元件”。使用 FFE 是解决这个问题的一种可取的较经济实用的办法。力图防止在大量电子元件中只有一件失效时，导致测量值的错误，并能使衡器工程师藉此能及时毫不费力地识别故障。

而对于“始终正确地显示”的衡器，一般要求检定有效期为两年，在此期间内通过随后检定，来判定衡器是否仍符合计量特性。对厂家出厂的某类衡器的有效期是这样确定的：“即当对那些一般尚未超过检定有效期的计量器具进行检定时，结果将发现，超过检定误差

限的器具只占大约 5%以内，这个注解等于挑明了，允许有占多大比例的计量器具实际上超过使用误差限，即超过量允许有多大。”

由此可看出德国对衡器“耐久性”试验型式批准的基本要求。

以上是我读此文章的体会，供大家参考。文章较多地引用了译者的原文，因为《称重手册》一书出版较早（1992年），也只印了一千本。可能很多人手中无此书，直接引用原文，可帮助读者理解作者的本意。

后记：我写本文的目的主要是对《称重手册》第十章内容的理解，并不讨论耐久性试验问题的本身，文中的一些名词也是用译文的用语，可能与我们的用法不一致，不习惯。这个问题有待目前还在从事衡器工作的同仁们去解决。老实说，有关“耐久性误差”的定义以及到底是归属在“型式试验”，还是归属在“使用中的试验”来判断，即使在 OIML 中也无科学、准确的定义。