

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.02.17

衡器检定中“标准砝码替代”的可操作性

姚庆全

(天津市计量监督检测科学研究院, 天津 300192)

摘要: 实际工作中, 砝码的需求量较大且实现较困难。衡器检定规程提出“标准砝码的替代”就是着力解决这个问题。如何在满足误差理论的前提下, 更加合理地实现“标准砝码的替代”是本文要表述的重点。

关键词: 衡器检定; 标准砝码的替代; 重复性误差与分析

中图分类号: TB932

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)02-0058-03

Discussion on Operational Characteristics of the Key to Realize the Replacement of Standard Weights in Weighing Instrument Verification

YAO Qingquan

(Tianjin Institute of Metrological Supervision and Testing, Tianjin 300192, China)

Abstract: In the practical work, there is great demand for weights and the demand is very difficult to solve. This problem can be solved by the Replacement of Standard Weights which is suggested in the verification regulation of weighing apparatus. This paper deals with the issue on how to use the verification regulation reasonably so as to realize the replacement of standard weights in weighing instrument under the premise of satisfying the error theory.

Key words: weighing instrument verification; replacement of standard weights; error and analysis of the repeatability

0 引言

在对衡器进行计量检测、量值传递时, 标准砝码经常需要不断地组合。在实际工作中, 衡器量程从几十千克到数十吨, 对其进行检测是相当繁琐的。为了解决这个问题, 人们一直尝试利用其它办法简化衡器的检定程序, 但是受质量单位标准定义和误差理论的限制, 到目前为止使用标准砝码对衡器进行检测仍是唯一的方法。

JJG 555-1996《非自动秤通用检定规程》(以下简称“JJG 555-1996 规程”)给出了“标准砝码的替代”方法, 即: 在具备少量标准砝码的前提下, 利用恒定物替代标准砝码的检测方法^[1]。JJG 555-1996 规程 4.6.2 条款指出: “当被测试秤最大称量大于 1 t 时, 可使用其他恒定载荷替代标准砝码”对衡器进行检定。

1 问题的提出

规程并没有明确指出实施“标准砝码的替代”的关

键是什么。JJG 555-1996 规程 4.6.2 条款指出“当被测试秤最大称量大于 1 t 时, 可使用其他恒定载荷替代标准砝码, 前提是至少具备 1 t 标准砝码, 或是最大称量 50% 的标准砝码, 两者中应取其大者。在以下条件下, 标准砝码的数量可以减少, 而不是最大称量的 50%。若重复性误差不大于 $0.3e$, 可减少至最大称量的 35%。若重复性误差不大于 $0.2e$, 可减少至最大称量的 20%。重复性误差是将约为最大称量 50% 的砝码, 在承载器上施加 3 次来确定的。”

但这一条款存在着如下几个问题: ①检测衡器时, 标准砝码的准备量多少更合适? ②重复性误差与“标准砝码的替代”的关系是什么? ③能否实施“标准砝码的替代”的关键是什么?

2 如何看待存在的问题

2.1 标准砝码的准备量

实施“标准砝码的替代”理应大幅度的减少标准砝码准备量才更有实际意义, 尤其在近百吨、大称量的衡器检定中。假设检定现场需要准备的标准砝码与衡器需要检定的量程相差不多, 再使用“标准砝码的替代”去检定衡器, 就失去了替代标准砝码的意义。

收稿日期: 2016-01-29

作者简介: 姚庆全(1963-), 男, 高级工程师, 从事衡器计量检测及管理工作。

衡器是一种可以长期使用的计量仪器。对衡器检定来说,首次检定只有一次,更多的是随后检定。首次检定使用更多的标准砝码能更好地对衡器性能进行评定,但随后检定就相对简单。JJG 539-97《数字指示秤检定规程》、JJG 13-1997《模拟指示秤检定规程》、JJG 14-1997《非自行指示秤检定规程》等三个子规程6.1条款中“随后检定”中,均给出“其中,称量测试可根据实际使用情况,如果不测试至最大称量,至少测试至2/3最大称量”的字样^[2-4]。这也就是说除首次检定外,随后检定可以检定到最大满量程的2/3即可,实际也正如此。

然而JJG 555-1996规程4.6.2条款几乎明确要求:50%(1/2)称量的标准砝码是一个不可逾越的下限。 $[(2/3)-(1/2)]$ 称量=(1/6)称量=16.7%称量。按照此推算恒定物的使用量只有16.7%称量余量,这样实施“标准砝码的替代”实际意义不大。

2.2 重复性误差与标准砝码替代的关系

重复性误差是评价计量仪器的一个重要指标,衡器也不例外。一台衡器的重复性会随着使用条件等变化而变化。JJG 555-1996规程4.5.1及11.4.9条款“对同一载荷,多次称量所得结果之差,应不大于该称量的最大允许误差的绝对值”也就规定每次都需要重新进行重复性检定;重复性一定是建立在计量准确性之上的,没有计量准确性就无法获得准确的重复性误差。这意味着现场需要提供50%的标准砝码才能进行重复性误差测试;也意味着实施“标准砝码的替代”时是无法利用上周期的重复性结论的,需要现场重新进行重复性误差测试。这种情况,再谈论标准砝码“若重复性误差不大于 $0.3e$,可减少至最大称量的35%;若重复性误差不大于 $0.2e$,可减少至最大称量的20%。”就没有实际意义了。

JJG 555-1996规程4.5.1条款“重复性”指出“对同一载荷,多次称量所得结果之差,应不大于该称量的最大允许误差的绝对值”;11.4.9条款“重复性测试”指出:“进行两组测试,分别在约1/2最大称量和接近最大称量。”对重复性既提出了要求,也提出了测试的方法。这里的重复性是对衡器整体性能进行评定的一个重要指标。这里得出的重复性误差结论与“标准砝码的替代”里所引用的重复性要求其实具有完全不同的含义。前者是衡器检定时对衡器进行评定的一个必要技术指标,是一个概括性的指标;后者是利用重复性的优劣来确定“标准砝码的替代”能否顺利进行的必要条件。衡器的重复性好,甚至重复性误差为“0”,“标准砝码的替代”也不一定可以进行。在实施“标准

砝码的替代”时,关键是替代点的重复性好坏,能否完好复现被替代的标准砝码的作用。由11.4.9条款“重复性测试”得出来的重复性数据不等于替代点的重复性状态。我们无法保证重复性数据与衡器的量程具有严格的线性关系,不论衡器的性能如何。替代点的重复性数据是关乎到“标准砝码的替代”能否实施的一个重要条件。

2.3 “标准砝码的替代”之关键

“标准砝码的替代”能否在衡器检定过程中得到很好实施,能否真正减少标准砝码准备量,关键点是要确定由此过程进行的衡器检定应能与仅使用标准砝码的过程效果等同。

正如本文前面所述,人们尝试替代标准砝码检定衡器的几种方法不能实施,关键是这些方法引入的误差超出了衡器检定对标准物误差的要求。因此,严格分析“标准砝码的替代”法检定衡器这一过程引入的误差才是实施“标准砝码的替代”必须进行的工作。

误差理论指出受检仪器的综合误差来源于标准物的误差、读数误差、测试方法误差等叠加结果。

在衡器检定过程中,衡器误差形成的来源大致有:
①由于各种原因在衡器检定中,会有读数误差即 $E_{\text{读}}=0.1e$;②标准砝码带来的总误差。

JJG 555-1996规程4.6条款要求“检定秤用的标准砝码的误差,应不大于秤相应称量最大允许误差的1/3”。那么标准砝码的累计误差会是多少?

以3级秤为例,其分度数基本是 $n=3000$ 左右。500e和2000e是允差台阶转换点(相对允差比较严格,检定规程规定必检点),同时2/3最大称量基本和2000e重合或小于2000e(2/3最大称量一般不会再进行“标准砝码的替代”),故500e称量点至关重要,我们以此点进行误差分析。

目前M1, M12两个等级的标准砝码是衡器检定的主要标准物。

以常见的5t电子台秤为例,此时: $M_{\text{max}}=5\text{ t}$, $e=2\text{ kg}$, $n=2500$ 。称量500e=1t,为最大称量的20%,此时秤的允许误差是 $\pm 0.5e=\pm 1000\text{ g}$ 。标准砝码的总误差为 $50\text{ g}=0.025e$,仅为允许误差的1/20,远优于1/3允差标准6倍。

另一常见的10t电子台秤为例,这时: $M_{\text{max}}=10\text{ t}$, $e=5\text{ kg}$, $n=2000$ 。称量500e=2.5t,为最大称量的25%,此时秤的允许误差是 $\pm 0.5e=\pm 2500\text{ g}$ 。此时标准砝码的总误差为 $125\text{ g}=0.025e$,仅为允许误差的1/20,远优于1/3标准6倍。

如果在这点实施“标准砝码的替代”就应考虑此处的重复性问题。扣除读数误差($0.1e$)、标准砝码带来的误差($0.5e - 0.1e - 0.025e = 0.375e$)，则留给重复性误差的空间不大于 $0.375e$ 。这样才能保证替代后不偏离标准砝码的可控范围。

为了更具广范意义，下面以100 t的电子汽车衡为例再进行标准物的误差分析，此时 $M_{\max} = 100 \text{ t}$ ， $e = 50 \text{ kg}$ ， $n = 2000$ 。秤量 $500e = 25 \text{ t}$ ，为最大秤量的25%，允许误差是 $\pm 0.5e = \pm 25 \text{ kg}$ 。此时标准砝码的总误差为 $2.5 \text{ kg} = 0.05e$ ，仅为允许误差的1/10，远优于1/3允差标准3倍。

同样需要考虑此处的重复性问题。扣除读数误差($0.1e$)、标准砝码带来的误差($0.5e - 0.1e - 0.05e = 0.35e$)，则留给重复性误差的空间不大于 $0.35e$ 。

“标准砝码的替代”能否顺利进行，应以替代后衡器检定能否满足误差理论为唯一标准。JJG 555 - 1996 规程4.6条款应得到满足。

由于衡器本身重复性指标的不确定性，实现“标准砝码的替代”必然要引入方法误差，替代是方法误差的主要来源，因此在“替换点”需要进行重复性检测，来决定“标准砝码的替代”这一过程能否顺利完成。由于替代物在本次替代后要替换标准砝码并延续到以后秤量的检定中，因此在替换过程中“替换点”的重复性误差也必然叠加到以后总的标准物中。

现在替换前标准物的误差为 $E_{\text{标}}$ ，替换点重复性误差为 $E_{\text{重}}$ ，那么替换后充当标准物的恒定载荷误差 $E_{\text{替}}$ ，则有 $E_{\text{替}j} = E_{\text{标}j} + E_{\text{重}j} + E_{\text{替}i}$ ($E_{\text{重}0} = 0$ ， $E_{\text{替}0} = 0$ ， $j = i + 1$ ， $i = 0, 1, 2, \dots$)。这就是一种辩证的递推关系，标准砝码的使用量的减少一定会以损失某种性能为代价。在本次“标准砝码的替代”过程中，由于重复性误差的介入，使得标准物的误差加大了，甚至 $E_{\text{替}}$ 不能满足JJG 555 - 1996 规程4.6条款要求。但是此时的替代物与标准砝码所形成的标准物(包含标准砝码和恒定载荷)的误差不能由JJG 555 - 1996 规程4.6条款来限制。因为恒定物不是标准砝码而仅是“标准砝码的替代”中的替代物而已。

3 实施“标准砝码的替代”的具体步骤之建议

根据多年的实践经验，利用“标准砝码的替代”对衡器进行检定可按下列步骤进行：

第一步，利用现场所能利用的标准砝码，按照规程的要求对衡器进行计量准确性测试即相应测试，只要求具备1 t标准砝码不再对标准砝码的准备量进行其

他限制。

第二步，如果计量准确性满足允差要求，即可对现场标准砝码所能达到的秤量点进行重复性测试，并记录为 $E_{\text{重}}$ 。计算 $E_{\text{替}j} = E_{\text{标}j} + E_{\text{重}j} + E_{\text{替}i}$ ($E_{\text{重}0} = 0$ ， $E_{\text{替}0} = 0$ ， $j = i + 1$ ， $i = 0, 1, 2, \dots$)

如果 $E + E_{\text{替}j} \leq mpe$ 或 $E_c + E_{\text{替}j} \leq mpe$ ， E 为测量误差， E_c 为修正误差， mpe 为误差范围。由恒定物对标准砝码进行替换，然后可利用标准砝码继续进行下一秤量的检定；否则即可得出本次利用“标准砝码的替代”的计量检定，被检定衡器不合格，或者得出“标准砝码的替代”的计量检定不适合本台受检衡器。至检定秤量达到2/3最大秤量，检测工作结束，对本次检测工作给出结论。

第三步，重复第二步并利用公式 $E_{\text{替}j} = E_{\text{标}j} + E_{\text{重}j} + E_{\text{替}i}$ ($j = i + 1$ ， $i = 1, 2, \dots$)，可反复进行“标准砝码的替代”直至计量准确性检定程序完成。

4 总结

上述过程在“标准砝码的替代”实施过程中，砝码的准备量不必要求50%最大秤量。标准砝码的准备量可大幅度降低了，给用户及检测部门提供方便。由此对受检衡器的性能提出了比较严苛的要求。不仅重复性要好，而且替代点的误差也受到限制。但由于需多次测试重复性性能，也导致装卸标准砝码的工作量增加不少。

参 考 文 献

- [1] 国家技术监督局. JJG 555 - 1996 非自动秤通用检定规程[S]. 北京：中国计量出版社，1996.
- [2] 国家技术监督局. JJG 539 - 97 数字指示秤检定规程[S]. 北京：中国计量出版社，1997.
- [3] 国家技术监督局. JJG 13 - 1997 模拟指示秤检定规程[S]. 北京：中国计量出版社，1997.
- [4] 国家技术监督局. JJG 14 - 1997 非自行指示秤检定规程[S]. 北京：中国计量出版社，1997.

订阅本刊可通过邮局或直接与编辑部联系。邮发代号：80 - 441。全年定价60元。

本刊优先刊登受各类基金资助产出的论文，欢迎赐稿！

欢迎发布技术和产品信息！