

M₁₂ 等级吨位砝码检测方法的探讨

马鞍山市计量测试研究所 汪友宏 朱报平

【摘要】: 本文结合当前 M₁₂ 等级吨位砝码检定工作的实际情况, 做了质量差值法和直接称重法的对比试验和分析, 说明用质量比较仪, 检定 M₁₂ 等级吨位砝码采用直接称重法是可行的。

【关键词】: 质量比较仪 质量差值法 直接称重法

0 前言

众所周知, 当要进行准确度要求较高的质量测量时, 常采用 ABA 或 ABBA (A 代表标准砝码, B 代表被测砝码) 循环方式进行衡量, 之后进行数据处理。这就是目前国内外公认的经典的质量差值法。对于单个砝码的标称质量小于 5 千克的砝码是容易实现的。然而对于批量的单个标称质量为 1000 千克的大质量砝码, 实际检测工作中的操作困难就显而易见了。

对于用户来说, 几十个吨位砝码的吊装运输, 不仅成本较大, 而且存在一定吊装运输安全风险。于是用户要求计量检定机构到现场来进行检定工作。否则宁可不检测, 也不会主动送到实验室来, 这是不争的事实。

近年来, 随着高精度质量比较仪的广泛使用, 使 M₁₂ 等级的吨位砝码的现场检定成为可能。在现实工作中, 为了缩短检定时间, 提高检定效率, 到工矿企业的生产现场几乎都是不带一吨 F₂ 标准砝码, 仅带高精度质量比较仪, 采用直接称重法, 以顺应客户的需求。

面对这样的实际情况, 为了探讨使用高分辨率的质量比较仪, 检定 M₁₂ 等级的吨位砝码, 采用直接称重法是否可行? 我们做了质量差值法和直接称重法的对比试验, 说明使用高分辨率的质量比较仪检定 M₁₂ 等级的吨位砝码, 采用直接称重法还是有效可行的。

1 两种检测方法的对比试验

1.1 检测对比试验的条件

采用同一台质量比较仪，其技术参数如表 1 所示。

用同一组标准砝码（由 50 个标称值为 20kg 的 F₂ 等级砝码组成）。在地点、环境和人员都不变的情况下，对五个标称值为 1000kg 的 M₁₂ 等级砝码，用两种方法进行检测对比试验。

表1 大质量比较仪的技术参数表

最大秤量	可读性	检定分度值	重复性	最大允许误差	
2100kg	1g	10g	≤5g	0 ≤ m ≤ 500kg	5g
				500kg < m ≤ 2000kg	10g
				2000kg < m ≤ max	15g

1.2 质量差值法

设标准砝码的两次测量值分别为 m_{A1} 、 m_{A2}

标准砝码的修正值为 m_{cA}

被检砝码的测量值为 m_B

质量差值 Δm

标准砝码的测量值 m_A 取平均值，即：
$$\overline{m_A} = \frac{m_{A1} + m_{A2}}{2}$$

质量差值 $\Delta m = m_B - \overline{m_A}$

被检砝码质量修正值 $m_{cB} = m_{cA} + \Delta m$

被检砝码的真值 $m_{B真} = m_{B标称值} + m_{cB}$

质量差值法，当采用 ABA 循环方式进行衡量时，就是以测得被检砝码质量减去标准砝码两次测量值的平均值得到的差值，再加上标准砝码的修正值和被检砝码标称值，所得到的数据处理结果，作为被检砝码的质量真值。

即：
$$m_{B真} = m_{B标称值} + \left(m_B - \overline{m_A} + m_{cA} \right)$$

依据 JJG99-2006 《砝码》 检定规程：“多个同一标称值的被检砝码与一个标准砝

码进行比对 (AB1...BnA 循环) (推荐用于M等级砝码) 如果多个同一标称值的被检砝码 t(z) (z=1...Z) 要同时进行检定, 则可将ABA 的测量循环修改为AB1...BnA 循环。通常, 砝码的个数不能超过5个”。所以这次对比试验的质量差值法采用AB1...BnA 循环方式, 对五个M₁₂等级1000kg砝码进行检测。

由于是用50个F₂等级20kg的砝码, 组合成为标准砝码。因为每个F₂等级20kg砝码的最大允许误差为0.3g, 所以合格的F₂等级20kg砝码的最大修正值可以取0.3g, 则50个F₂等级20kg砝码组成1t标准砝码的修正值为

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{50} 0.3^2} \approx 2g$$

质量差值法对五个 M₁₂ 等级 1000kg 的砝码检测数据处理结果如表 2 所示 (因为标准砝码的修正值 m_{0A}=2g, 标准砝码的测量平均值正了 2g, 所以造成有 m_B=m_{B真}的巧合)

表 2 质量差值法检测数据处理结果表

被检砝码 的编号	测量值 (kg)			质量差值 (g)	B的真值 (kg)	B 的最 大允许 误差 (g)	标准砝 码的修 正值(g)
	A ₁	B	A ₂				
	1000.001					±100	2
03		999.936		-166	999.936		
06		999.850		-152	999.850		
09		999.860		-142	999.860		
18		999.790		-212	999.790		
58		999.946		-56	999.946		
			1000.003				

1.3 直接称量法

直接称量法就是将被检砝码直接放置到质量比较仪上称量, 以质量比较仪的示值作为被检砝码的真值。不像用质量差值法那样, 需要有标准砝码进行比对, 也不进行数据处理。称量的准确度完全由该台质量比较仪的计量性能决定。

直接称量五个标称值为 1000kg 的 M₁₂ 等级砝码的数据如表 3 所示。(检测数据是一次得到的, 不是多次平均)

表 3 直接称量法检测数据表

被检砝码的编号	测量示值 (kg)
03	999.939
06	999.852
09	999.863
18	999.795
58	999.942

1.4 数据分析

通过表 2 和表 3 对比,清楚的看到,先后用两种检测方法,测量同一个被检砝码,所得两个测量值之间的差别很小,(06 号砝码差值最小只有 2g;18 号砝码差值最大为 5g;)对于标称值为 1000kg 的 M_{12} 等级砝码来说,两个测量值之间差值的相对误差为百万分之二到百万分之五。标称值为 1000kg 的 M_{12} 等级砝码的最大允许误差是 $\pm 100g$,相对误差为万分之一。

两者一比较,表明用两种检测方法,测量同一个被检 M_{12} 等级吨位砝码的相对误差,最大仅为百万分之五左右。这是不影响对其是否合格的判断,证实了直接称量法是有效可行的。

2 需要注意的几点

到工矿企业的生产现场采用直接称量法检测 M_{12} 等级吨位砝码,需更加认真谨慎,为了保证检测数据的可靠,要注意如下几点。

(1) 生产现场环境不同于实验室,要特别注意环境因素的影响,要有良好的检定环境条件(温度变化要小,环境空气流动性要小) M_{12} 等级吨位砝码的表面积较大,对环境空气流动性比较敏感,我们配制了一个无顶风罩,以尽量减少风的影响。

(2) 工欲善其事,必先利其器。直接称量法的称量准确度由质量比较仪的计量性能所决定。应注意质量比较仪本身的影响,质量比较仪要有足够大的测量能力和高分辨力,相对分辨力达到 2×10^{-6} 为好。不管用那家生产的质量比较仪,一定要确保满足质量比较仪最大允许误差小于被检砝码最大允许误差三分之一的基本要求。

(3) 注意具体操作方法的影响,配备良好的起吊设备和熟练的操作人员尽力做到

把每个砝码稳妥吊放在称盘中心位置，避免人为引入偏载误差影响检测结果。

3 待探讨的问题

通过两种检测方法的对比试验，检测数据结果说明用质量比较仪，检测 M_{12} 等级吨位砝码采用直接称量法是可行的。这个问题似乎称不上问题，但一有了规程规定，即有了所谓标准答案，便就有了违规之嫌，于是产生了值得探讨的问题。

问题一，这台大质量比较仪的计量性能和技术指标，完全满足计量检测系统中公认的准则要求。即检测计量器具最大允许误差不大于被检计量器具最大允许误差的三分之一。于是我们认为检测 M_{12} 等级吨位砝码，采用直接称量法，是符合量值传递基本原则的，是合理的。

实际操作效果又证明，采用直接称量法，不影响检测工作质量，缩短了检定时间，提高了检定效率，何乐而不为呢？我们倒是觉得，未必是构成违规，顶多是有理无据，不该本本主义。而是 JJG99-2006《砝码》检定规程应该与时俱进，及时修订了。

问题二，众所周知，在使用机械天平和砝码进行砝码量值量传工作，采用 ABA 交换衡量法，主要是为了消除天平不等臂性引起的误差。在使用电子天平进行量值量传工作时，采用 ABA 衡量法是为了减少电子天平的重复性误差的影响。同样在使用质量比较仪时，也是基于这方面的考虑。然而我们认为，时下用于检定砝码的电子天平和质量比较仪，其自身设计制造时，就考虑了减小误差，提高准确度问题，从软、硬件电路上采取措施，例如：高精度、高分辨率的 A/D 转换，采样判稳、多次采样取平均值、线性修正等。为采用直接称量法提供了技术保障。

问题三，这是关键的问题，由 JJG99-2006《砝码》检定规程推荐：对于 M 等级砝码的检定“可将 ABA 的测量循环修改为 $AB1\cdots BnA$ 循环”。从遣词用语来看，我们臆断当时制定规程的专家们，对准确度相对较低，吨位砝码的检测方法也是有所考虑的。只不过是十年前，高精度的大质量比较仪还不多见，不宜提出采用直接称量法。然而，近年来用于检定砝码的衡量仪器的计量性能和十年前相比，已经不可同日而语了。例如，XP2003KL 比较器（最大载荷：2500kg；可读性：1g；重复性： $\leq 4.5g$ 。）或 CCT2000K 比较器（最大载荷：2100kg；可读性：1g；重复性： $\leq 5g$ ）都完全能满足用直接称量法检测 M_{12} 等级吨位砝码的需求。

JJF1002-2010《国家计量检定规程编写规则》在 3.1 规程编写的一般原则中指出，“规程应做到各项要求科学合理，并考虑操作的可行性及实施的经济性”不少计量检定规程，例如 JJG564-2002《定量自动衡器》就明确写出了：“8.2.1.13 检定的实施 相

应的法定计量技术机构应尽量以节省人力物力的方式进行检定，若适当应避免重复的检定”。检定规程属于国家级技术法规文件，是计量检定技术机构制定作业指导书和操作规程的依据。希望 JJG99-2006《砝码》检定规程修订时关注这一问题。

4 结束语

据了解到目前为止，明确提出检定 M_{12} 等级吨位砝码可以采用直接称量法的，还仅是一家之言。我们并不想去说服同行们都用直接称重法，只是期望激发同行们的共鸣，开展这方面问题的交流和讨论，尤其是期待各位专家的指导与帮助。打破规程中某些条款的束缚和制约，提高衡器行业内用的最多的 M_{12} 等级吨位砝码检定工作的质量和效率。

参考文献：

- [1] JJG1036—2008 电子天平检定规程.
- [2] JJG564-2002 定量自动衡器检定规程 .
- [3] JJG99—2006 砝码检定规程
- [4] JJF1002-2010 国家计量检定规程编写规则

通讯地址：安徽省马鞍山市湖东南路 4099 号

马鞍山市计量测试研究所 朱报平

邮政编码：243000

电子信箱：zbp1231@sina.com

电话：0555-8221119