

F₁ 等级砝码标准装置计量比对结果与分析

□贺华 罗检民 邓建美 彭婕怡 张晚玲

(湖南省计量检测研究院, 长沙 410014)

【摘要】2023年,湖南省计量检测研究院作为主导实验室组织并实施了湖南省F₁等级砝码标准装置计量比对工作。本次计量比对采用花瓣式的比对方式,比对内容包括200g、200mg砝码的约定质量及其测量不确定度评定。比对参考值由主导实验室提供,根据 E_n 值判定参与实验室的比对满意度。依据参与实验室提交的比对报告,全省共100家实验室参与比对,92家比对结果满意,8家比对结果不满意。进一步分析结果发现,比对结果满意的实验室,在标准仪器状态及衡量仪器的配备等方面还存在不足。比对结果不满意的实验室,在自身体系管理、测量过程、不确定度评定等方面需加强认识。组织单位根据比对结果对参与实验室的能力建设也提出了针对性的指导意见。

【关键词】砝码;标准装置;计量比对

文献标识码: B

文章编号: 1003-1870 (2024) 03-0040-04

引言

质量单位为国际单位制中七个基本单位之一,砝码是质量量值传递、溯源的标准。

砝码量值也是各级计量技术机构和行业计量站基础的检定项目^[1]。为了确保湖南省建立F₁等级砝码标准装置的法定计量检定机构、计量授权机构和CNAS认可校准机构对砝码量值和出具测量结果准确性的一致程度,考核计量标准管理能力、环境条件、人员水平和数据处理等方面的实际水平和能力,持续保持我省计量标准的水平,确保测量量值准确、一致、可靠。

根据《湖南省市场监督管理局关于开展2023年度计量比对工作的通知》,以湖南省计量检测研究院为主导实验室成立了计量比对工作小组。依据JJG 99-2022《砝码检定规程》、JJF 1117-2010《计量比对》、JJG 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等3个国家计量检定规程规范^[2-4],负责制定比对方案、撰写比对实施细则、比对用传递标准的选择、汇总参比实验室的实验数据及相关资料、分析比对

结果并撰写比对总结报告。

1 比对样品及主标准器

1.1 比对样品

本次比对采用JF1型不锈钢砝码作为传递标准(样品),共16组(A组~L组),每组2个,其中4组为备用样品。

样品信息如下:

(1)规格:200mg、200g;

(2)样品为实心整体结构,由整体材料构成,不带调整腔;

(3)样品形状符合JJG 99-2022《砝码》国家计量检定规程中的要求;

(4)生产厂家:sartorius公司。

1.2 比对标准器

本次比对主导实验室和各参与实验室比对过程需要使用的标准器包括,各实验室的最高等级标准砝码和配套的衡量仪器,均须提供有效期内的检定证书、参与比对人员有效资格证件和计量标准考核证书。

2 比对方案

2.1 比对方法

参比实验室来自湖南省内建立和保存F₁等级砝码标准装置的计量检定机构、计量授权机构和CNAS认可的计量校准机构，报名参比实验室共计111家，实际参比实验室100家。全部参比实验室按报名情况分为A~L共12组，所用样品编号分别对应1~12。本次比对在全省范围内进行，涉及地区广泛，为保证传递效率和提高比对效率，采取环式比对方式进行，由每组的第一个参比实验室负责组织本组的样品传递工作，12组样品同时于不同组间传递，互不影响。参比实验室在接收到比对样品后依据JJG 99-2022《砝码检定规程》国家计量检定规程规定的方法，对传递样品进行测量，并对测量结果开展不确定度评估。主导实验室在比对样品送出前及比对完成后均对样品的状况进行了监测，并对样品质量值进行了测量。

2.2 比对内容

本次全省砝码量值比对是在规定条件及方法下，在相同量的计量标准所复现或保持的量值之间进行比较、分析和评价的过程。测量不确定度的评定是实验室对测量结果置信程度的估计，是实验室测量能力的合理反映。本次比对的技术关键是对被测砝码进行质量值测量、数据处理及测量结果的不确定度评定。其中，砝码的约定质量按照JJG 99-2022《砝码检定规程》第7.3.5条进行。砝码约定质量测量的不确定度评定按照JJG 99-2022《砝码检定规程》中附录C进行。

2.3 参考值

主导实验室建立了E₂等级砝码标准装置，其量值直接溯源于国家质量基准，并采用E₂等级砝码标准装置对样品进行测量，主导实验室所使用衡量仪器及标准砝码信息见表1。考虑到主导实验室的最佳测量能力及其不确定度的可靠性，以主导实验室测量结果的算术平均值作为测量结果的参考值，各组参考值及其不确定度见表2所示。

表1 主导实验室所用衡量仪器及标准砝码

样品标称值	所用标准砝码编号/等级/测量范围	所用衡量仪器型号/分辨率/最大量程
200mg	152 / E ₂ 等级 / 1mg~500mg	MCM36 / 0.001mg / 31g
200g	152 / E ₂ 等级 / 1g~500g	CCE1005 / 0.01mg / 1110g

表2 各组参考值及其不确定度 单位 (mg)

标称值	200mg		200g	
	约定质量修正值	扩展不确定度 (k=2)	约定质量修正值	扩展不确定度 (k=2)
A	0.016	0.008	0.15	0.14
B	-0.012	0.008	0.35	0.14
C	-0.014	0.008	0.48	0.13
D	0.016	0.008	0.05	0.13
E	0.019	0.008	0.05	0.14
F	0.013	0.008	0.15	0.13
G	0.016	0.008	0.15	0.13
H	0.020	0.008	0.31	0.13
I	0.014	0.008	0.47	0.13
J	0.014	0.008	0.03	0.13
K	0.016	0.008	0.28	0.13
L	0.023	0.008	0.16	0.13

2.4 比对判定依据

通过分析参比实验室的测量结果和参考值之差及其测量不确定度，采用归一化偏差 E_n 值进行评价：

$$E_n = \frac{Y_i - Y_{ref}}{k \cdot \sqrt{u_i^2 + u_{ref}^2}}$$

式中： Y_i ——第*i*个参比实验室的测量值；

Y_{ref} ——比对参考值；

u_i ——第*i*个参比实验室测量值的扩展不确定度；

u_{ref} ——比对参考值的扩展不确定度。

比对结果一致性的评判原则：

$|E_n| \leq 1$ ，参比实验室测量结果与参考值之差在合理预期之内，比对结果可接受。

$|E_n| > 1$ ，参比实验室测量结果与参考值之差没有达到合理的预期，应分析原因。

3 比对结果及分析

3.1 比对结果

依据比对实施方案，各参与实验室获得的测量结果及 E_n 值汇总见表3。表中采用编号01~111来表示各参与实验室。

表3 各参比实验室测量结果等效度（单位：mg）及 E_n 值

标称值		200mg		200g		标称值		200mg		200g	
组别	编号	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	组别	编号	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	$Y - Y_{ref}$	E_n 值
A	01	/	/	-0.35	-0.67	G	58	0.004	0.13	0.15	0.36
	03	/	/	0.05	0.12		59	-0.086	-1.08	1.65	2.69
	04	/	/	-0.25	-0.48		60	-0.056	-0.47	0.75	1.78
	05	/	/	0.25	0.25		61	/	/	0.05	0.12
	06	-0.006	-0.07	0.25	0.21		62	0.024	0.48	0.15	0.36
	07	-0.006	-0.27	-0.15	-0.45		63	0.014	0.45	0.05	0.12
	08	/	/	-0.15	-0.36		64	-0.016	-0.18	0.15	0.36
	09	-0.006	-0.46	0.05	0.20		65	-0.016	-0.23	0.35	1.07
B	10	0.002	0.09	-0.05	-0.12	66	-0.056	-0.47	0.15	0.29	
	11	-0.038	-0.29	0.05	0.05	67	-0.006	0.10	0.35	0.68	
	12	-0.038	-0.27	0.05	0.05	68	0.000	0.00	-0.01	-0.02	
	13	-0.158	-0.72	-0.15	-0.14	69	0.000	0.00	-0.01	-0.02	
	14	-0.168	-0.84	0.55	1.30	71	0.020	0.49	-0.11	-0.26	
	15	0.032	0.40	-0.15	-0.14	72	0.000	0.00	-0.22	-0.52	
	16	0.022	1.00	-0.05	-0.20	73	0.040	0.98	-0.11	-0.26	
	17	0.332	2.55	-0.45	-0.37	74	0.030	0.74	-0.21	-0.50	
	18	/	/	-0.15	-0.12	75	-0.010	-0.25	-0.11	-0.21	
	19	-0.078	-0.56	0.25	0.59	76	0.000	0.00	-0.01	-0.02	
C	20	0.024	0.59	0.12	0.29	77	-0.010	-0.11	-0.11	-0.21	
	21	0.024	0.59	0.12	0.23	78	-0.044	-0.32	-0.27	-0.38	
	22	0.034	0.83	0.02	0.05	79	-0.004	-0.19	-0.07	-0.17	
	24	0.014	0.45	0.12	0.73	80	-0.004	-0.03	-0.07	-0.09	
	25	0.014	0.18	0.12	0.29	81	-0.024	-0.77	-0.27	-0.64	
	26	0.014	0.16	0.02	0.05	83	0.006	0.29	-0.07	-0.17	
	28	0.014	0.05	0.12	0.73	84	-0.024	0.18	-0.17	-0.40	

续表

标称值		200mg		200g		标称值		200mg		200g		
组别	编号	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	组别	编号	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	$Y - Y_{ref}$	E_n 值	
D	29	0.004	0.19	0.15	0.36	I	85	-0.004	-0.19	-0.07	-0.17	
	30	0.004	0.10	0.05	0.10		86	0.006	0.15	-0.17	-0.40	
	32	-0.006	-0.05	-0.15	-0.36	J	87	-0.004	-0.10	-0.13	-0.31	
	33	-0.016	-0.39	0.15	0.36		88	/	/	-0.03	-0.07	
	34	-0.026	-0.64	0.05	0.12		89	/	/	-0.33	-0.78	
	35	0.004	0.05	-0.05	-0.12		90	/	/	0.17	0.40	
	37	-0.006	-0.28	0.05	0.12		91	/	/	-0.13	-0.31	
	38	/	/	0.35	0.83		92	/	/	0.17	0.40	
E	39	-0.009	-0.22	0.25	0.59	K	94	0.004	0.13	0.02	0.05	
	40	-0.119	-2.90	-0.15	-0.37		95	-0.036	-0.51	-0.08	-0.34	
	41	0.051	0.64	0.15	0.35		96	-0.006	-0.28	-0.08	-0.24	
	42	-0.029	-0.71	-0.25	-0.48		98	0.004	0.19	-0.08	-0.19	
	43	0.041	1.00	0.25	0.59		99	-0.006	-0.49	0.02	0.12	
	44	0.031	0.76	0.35	0.83		100	-0.016	-0.76	0.12	0.37	
	46	-0.009	-0.04	0.15	0.24		101	-0.016	-0.11	-0.08	-0.07	
	47	-0.019	-0.01	-0.05	-0.02		102	-0.013	-0.42	-0.26	-1.07	
	48	0.001	0.02	0.15	0.36		103	0.017	0.81	0.14	0.33	
	49	0.051	1.00	0.35	0.67		104	/	/	0.04	0.12	
	50	-0.069	-0.46	0.05	0.07		106	/	/	0.14	0.33	
F	51	0.017	0.42	0.05	0.12	L	107	/	/	0.04	0.10	
	52	-0.023	-0.56	-0.35	-0.49		108	-0.013	-0.62	-0.06	-0.14	
	53	-0.023	-1.00	0.15	0.36		109	/	/	0.04	0.10	
	54	/	/	-0.25	-0.48		110	-0.013	-0.62	-0.26	-0.80	
	55	-0.003	-0.10	0.05	0.12		111	/	/	0.04	0.10	
	56	0.007	0.32	-0.05	-0.12		注：表中数字编号代表各参比实验室，其中02、23、27、31、36、45、70、82、93、97、105 实验室未提供比对报告，故本表中无相关数据。					
	57	0.067	5.15	0.15	0.63							

3.2 结果分析

依据表3 中的数据，各参比实验室运行状态整体良好，在100 家实际参与比对的实验室中，有92 家的 $|E_n| \leq 1$ ，比对结果合格。表明这92 家参与单位计量标准装置的一致性、技术人员的检测水平和数据处理能力均符合要求，能有效地对下级计量器具进行量值传递。但是在比对结果为合格的参与实验室中，有5 家实验室在某个测量点的 E_n 值较大，绝对值均为临界值附近，应引起重视，积极查找不足，认真检视标准仪器状态及测量过程中存在的理解或操作失误，对所用衡量仪器及标准砝码进行期间核

查。对于地市级计量技术机构，应对自身衡量仪器是否满足日常检定需要重新进行评估，着眼于自身能力的提升。

此外，参比实验室中有4 家实验室的200mg 测量点 $|E_n| > 1$ ，5 家实验室的200g 测量点 $|E_n| > 1$ 。上述参比实验室的测量结果不符合要求，需主动查找自身体系管理、测量过程、不确定度评定等方面存在的问题，积极修正偏差。

4 结论与建议

通过结果分析，表明我省质量量值传递总体良好，但仍存在一些参比实验室的技术力量薄弱，测

量值偏差较大，测量结果表述不符合相关技术文件要求及不确定度评定不合理等现象。我们建议相关实验室可进行技术改造，例如使用更高性能的质量比较仪来进行砝码测量，以降低测量不确定度，提高测量的准确度；对实验室的环境条件进行优化；以及加强实验人员的资质培训及技术水平等。

随着国民经济、社会生产的快速发展，人民健康、贸易结算和科学研究等对质量计量的准确度要求也越来越高。与此同时，质量专业无论是在仪器设备、环境条件，还是在管理水平和人员素质方面也将持续提升，计量比对逐渐成为一项常态化工作。通过开展计量比对，可促进计量交流，规范计量检定行为，提高计量检定水平，确保计量标准装置在量值传递过程中的统一、准确、可靠，并整体

提升我省的计量体系能力。

参考文献

- [1] 姚弘. 砝码. 中国计量出版社, 2007.7.
- [2] JJG 99—2022 砝码检定规程[S].
- [3] JJF 1117—2010 计量比对[S].
- [4] JJG 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示[S].

作者简介

贺华，女，湖南省计量检测研究院衡器所副所长，高级工程师，法定计量机构和计量标准二级考评员，从事质量计量检定工作20年。研究方向：计量检测技术。