

# 电子天平测量审核实例分析

彭冲 高长律 侯秀林 伊静 逯文娟（国家轨道衡计量站 北京市）

**【摘要】**电子天平测量审核是 CNAS 判断实验室电子天平校准能力的重要技术依据，是 CNAS 申报前的一项十分重要的工作。本文详细介绍了电子天平测量审核的流程、测量审核数据的处理分析以及测量结果的分析，为以后申请电子天平测量审核的机构和人员提供有效的参考。

**【关键词】**电子天平；测量审核；数据处理

## 1. 概述

测量审核是将充分表征和校准过的物品送至一个实验室，然后将实验室的结果与参考值进行比较，从而判断该实验室的测量结果是满意结果、可疑结果，还是不满意结果的活动。测量审核是能力验证活动形式之一，是保证实验室测量结果准确可靠的一种手段。近几年来，测量审核活动已逐渐成为合格评定机构及时获得能力验证的重要途径和中国合格评定国家认可委员会（CNAS）能力验证计划的重要补充，电子天平测量审核是 CNAS 判断实验室电子天平校准能力的重要技术依据。2019 年 3 月我单位与中国计量科学研究院联系电子天平测量审核相关事宜，为 CNAS 扩项申报工作做准备。本文将详细介绍本次电子天平测量审核的流程、测量审核数据处理和测量审核的结果分析，为以后申请电子天平测量审核的机构和人员提供有效的参考。

## 2. 测量审核流程

本次电子天平测量审核具体流程如图 1 所示。

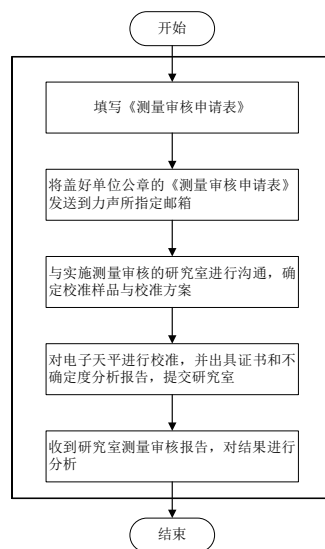


图 1 电子天平测量审核流程

(1)在中国计量科学研究院官网下载《测量审核申请表》如图2,填写相关信息,并加盖单位公章。

测量审核申请表			
申请单位名称			
申请单位地址			
联系人		联系电话	
测量审核项目名称 (请注明是检测能力验证 还是校准能力验证)	对电子天平的校准能力验证		
所用标准器名称	砝码		
所用标准器 基本技术指标	E <sub>2</sub> 等级		
所依据的技术文件 (代号和名称)	JJG1036-2008《电子天平》检定规程		
样品描述(如由申请单位提供样品,请填写)			
名称	电子天平	型号/规格	Max: 2kg, d=0.1mg
生产厂家	***公司	出厂编号	*****
提供者			
其它说明	无		

**申请实验室声明**

1. 本实验室自愿申请中国计量科学研究院的测量审核。
2. 本实验室已充分了解并同意遵守中国计量科学研究院的测量审核规则和有关规定。
3. 本实验室愿意向中国计量科学研究院提供测量审核所需的任何信息和资料,并为审核工作提供方便。
4. 本实验室保证不论审核结果如何,均按规定向中国计量科学研究院交付有关的审核费用。
5. 本实验室保证本申请书所填写信息均真实、准确。

申请测量审核实验室法定代表人/被授权人签名:

申请测量审核实验室盖章:

图2 测量审核申请表

(2) CNAS 有指定的可以开展测量审核的机构,我单位本次选择的机构是中国计量科学研究院。电子天平测量审核属于中国计量科学研究院力声所的业务范围,在中国计量科学研究院官网中查找联系方式,将填写完成并加盖公章的《测量审核申请表》发送到指定邮箱。

(3) 力声所会将申请表分发给具体的实施研究室,研究室决定受理之后,实施此次测量审核的技术人员与我们联系沟通,并确定校准样品和校准方案。经过沟通决定使用我们提供的规格为 Max:2kg,d=0.1mg 的电子天平作为本次测量审核的校准样品。

(4) 按照确定好的校准方案对电子天平进行校准。校准完成后出具校准证书和不确定度分析报告。将校准证书、原始记录和不确定度分析报告盖好单位公章后提供给实施此次测量审核的技术人员。

(5) 收到中国计量科学研究院出具的测量审核报告,对结果进行分析。

### 3. 测量审核数据处理

按照此次测量审核的研究室确定的校准方案对电子天平进行校准。

#### 3.1 校准依据、环境条件、校准所用的标准器、被校准对象

校准依据是 JJG 1036—2008《电子天平》检定规程。

校准环境满足，温度：(18.2±0.5)℃，湿度：(22.0±2.0)% RH。

校准所用的标准器，E2 等级砝码：1mg~500g，砝码编号：2163；1kg~5kg，砝码编号：2286。

被校对象为，电子天平，规格：Max：2kg，d = 0.1mg。

### 3.2 校准模型

$$E=I - L$$

式中：E—电子天平的示值误差；

I—电子天平的示值；

L—标准砝码质量值。

### 3.3 不确定度来源和分量的评定

根据校准模型，可知标准不确定度来源主要有：电子天平测量重复性、标准砝码和电子天平读数引入的标准不确定度。现以校准电子天平 2kg 载荷点为例，进行不确定度的分析评定。

(1) 由电子天平测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1$

对电子天平 2kg 载荷点重复测量 6 次，测量结果如下：（单位：g）

1999.9992、1999.9991、1999.9990、1999.9993、1999.9991、1999.9990。

采用极差法，查表  $n=6$ ， $C=2.53$ ，得到试验标准偏差：

$$S = (I_{\max} - I_{\min}) / C = 0.00012(g)$$

则： $u_1=s=0.00012 g$

(2) 标准砝码引入的标准不确定度分量  $u_2$

本次校准采用的是砝码的实际质量值。

标准砝码的扩展不确定度为  $U_m = \frac{|MPE|}{3}$ ， $k=2$ ，MPE 为标准砝码最大允许误差。

根据《砝码》检定规程要求，标准砝码的稳定性不大于  $\frac{|MPE|}{3}$ ，按均匀分布，所以标准砝码稳定性引入的不确定度为  $u_{inst} = \frac{|MPE|}{3\sqrt{3}}$ 。

依据《砝码》检定规程，E<sub>2</sub> 等级 2kg 标准砝码的最大允许误差为 ±3.0mg。则由标准砝码引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \sqrt{\left(\frac{U_m}{2}\right)^2 + (u_{inst})^2} = \sqrt{\left(\frac{|MPE|}{6}\right)^2 + \left(\frac{|MPE|}{3\sqrt{3}}\right)^2} = 0.00076 (g)$$

(3) 由电子天平读数（分辨力）引入的标准不确定度分量  $u_3$

电子天平的实际分度值  $d$  为 0.1mg，其区间半宽度为  $0.5d$  (0.05mg)，服从均匀分布，由分辨力带来的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{d/2}{\sqrt{3}} \times \sqrt{2} = 0.00004(g)$$

(4) 合成标准不确定度  $u_c$

由于各不确定度分量不相关，被校电子天平误差的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.00077(g)$$

3.4 扩展不确定度

取  $k = 2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.0015g \quad (k=2)$$

3.5 校准不同载荷点的测量不确定度

根据上述方法，对其他 5 个载荷点的测量不确定度进行评定，如表 1 所示：

表 1 不确定度的计算汇总表

试验 载荷 $L(g)$	重复性引入 的不确定度 分量 (g) $u_1$	标准器引入 的不确定度 分量(g) $u_2$	读数引入的 不确定度分 量 (g) $u_3$	合成标准 不确定度 (g) $u_c$	扩展不确定度 (g) $U(k=2)$
0.01	0.00000	0.00000	0.00004	0.00004	0.0001
50	0.00012	0.00003	0.00004	0.00013	0.0003
100	0.00008	0.00004	0.00004	0.00010	0.0002
200	0.00012	0.00008	0.00004	0.00015	0.0003
1000	0.00016	0.00041	0.00004	0.00044	0.0009
2000	0.00012	0.00076	0.00004	0.00077	0.0015

## 4. 测量审核结果分析

将校准证书、原始记录和不确定分析报告提交给中国计量科学研究院，中国计量科学研究院出具测量审核报告。

中国计量科学研究院做此次测量审核试验一些基本信息如表 2。

表 2 中国计量科学研究院电子天平测量审核报告基本信息

参照的技术文件（代号或名称）：JJG 1036-2008 《电子天平》检定规程			
测量审核目的和方法： 测量审核目的：电子天平校准能力验证 方法：对电子天平的偏载误差、重复性、示值误差进行校准试验			
核查标准（样品、被测对象）描述：			
名称：	电子天平	型号/规格：	Max:2kg,d=0.1mg
生产厂家：	***公司	出厂编号：	*****
提供者：	****公司	其它：	/
申请单位使用的计量（基）标准、测量仪器或标准物质描述：			
名称（型号）	测量范围	不确定度/准确度等级	
E2等级公斤组砝码标准装置	(1~500) kg	E2等级	
我院使用的计量（基）标准、测量仪器或标准物质描述：			
名称（型号）	测量范围	不确定度/准确度等级	证书编号
E2等级砝码组标准装置	180kg~1mg	E2等级	[1988]国量标计证字第 116 号

注：“E<sub>2</sub>等级公斤组砝码标准装置”测量范围是（1~500）kg，配套设备中有 E<sub>2</sub> 等级砝码：1mg~500g，可对 ①级及以下 1mg~500kg 的电子天平进行检定或校准。

本次测量审核中国计量科学研究院采取计算  $|E_n|$  值对满意度进行判定。

$$E_n = \frac{y - y_0}{\sqrt{U^2 + U_0^2}}$$

当  $|E_n| \leq 1$  为满意。

式中：y—申请单位给出的测量值

y<sub>0</sub>—中国计量科学研究院实验室给出的参考值

U—申请单位评定的与 y 值所对应的测量不确定度（k=2）

U<sub>0</sub>—中国计量科学研究院实验室评定的与 y<sub>0</sub> 所对应的测量不确定度（k=2）

所有测量点的测量审核满意度汇总如表 3。

表 3 测量点的测量审核满意度汇总

测量点	测量审核满意度 $ E_n $ 值
0.01 g	0.3
50 g	0.4
100 g	0.1
200 g	0.1
1000 g	0.1
2000 g	0.1

所有测量点的  $|E_n|$  值都小于 1，所以此次测量审核结论为满意。

## 5. 结论

电子天平测量审核是实验室能力验证的有效补充，是 CNAS 判断实验室电子天平校准能力的重要技术依据。本文详细介绍了电子天平测量审核的详细流程，并将测量审核过程中涉及的电子天平校准的不确定度计算过程一一列出，最后还对此次电子天平测量审核的结果进行分析判断，为以后申请电子天平测量审核的机构和人员提供有效的参考。

### 【参考文献】

[1] JJG 1036-2008 《电子天平》 [S].

[2] JJG 99-2006 《砝码》 [S].

作者简介：彭冲（1991-），男，河北省石家庄晋州市人，管理学硕士，现工作于中国铁道科学研究院标准计量研究所国家轨道衡计量站，从事力学计量工作。

联系电话：15001132916