



CNAS 技术报告

测量设备校准周期的确定和调整方法指南

中国合格评定国家认可委员会

前 言

本文件根据 ISO/IEC 17025:2017《检测和校准实验室能力的通用要求》，参考 ILAC-G24/OIML D 10《测量设备校准周期的确定指南》和 NCSL RP-1《校准周期的确定和调整》制定，提出了测量设备校准周期的确定和调整方法，并给出了具体的应用实例，为实验室在校准测量设备时提供指导。

实验室可参考本文件，根据设备的具体情况，如使用用途、历次校准结果、期间核查结果、稳定性、维护保养、使用频率、环境条件等，综合考虑设备使用的风险大小和成本投入，来确定和调整其校准周期。

本文件包含 2 个资料性附录。

本文件由中国合格评定国家认可委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国合格评定国家认可中心、福建省计量科学研究院、山东电力研究院。

本文件主要起草人：王阳、安平、林志国、张明霞、周思旭、林景星、范巧成。

测量设备校准周期的确定和调整方法指南

1 目的和范围

本文件提出了测量设备校准周期的确定和调整方法并给出了具体的应用实例，为相关机构在校准测量设备时提供指导。

本文件适用于检测/校准实验室、检验机构、标准物质生产者和能力验证提供者等合格评定机构（以下统称“实验室”）。

本文件的测量设备（简称设备）包含测量仪器、测量标准和辅助装置等。

当法律法规或规范对校准周期有强制要求时，实验室应满足相关规定。

2 规范性引用文件

下列文件中对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括修改单）适用于本文件。

2.1ISO/IEC 17025:2017 检测和校准实验室能力的通用要求

2.2RB/T 197 检测和校准结果及与规范符合性的报告指南

2.3JJF 1094 测量仪器特性评定

2.4ISO/IEC 指南 99:2007 国际计量学词汇 基础和通用概念及相关术语（VIM）

2.5JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

3 术语和定义

ISO/IEC 指南 99（VIM）和 JJF 1001 中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 校准周期 calibration interval

特定项目的测量设备连续、有计划的校准的时间间隔。

3.2 测量可靠性 measurement reliability

某个指定属性项目的测量设备符合性能规范的概率（校准周期分析的一个基本假设：测量可靠性是设备历次校准时间的函数）。

4 确定需要校准的设备

ISO/IEC 17025:2017的6.4.4规定：“当设备投入使用或重新投入使用前，实验室应验证其符合规定的要求”。对设备进行验证的手段包括校准和核查。

ISO/IEC 17025:2017的6.4.6规定：“在下列情况下，测量设备应进行校准：当测量准确度或测量不确定度影响报告结果的有效性，或为建立所报告结果的计量溯源性，要求对设备进行校准”。

不是所有的设备都需要进行校准。实验室应根据设备的使用用途，判断设备应用于不同的测量方法时对结果的影响程度，当校准带来的贡献对测量结果总的不确定度有显著影响时应进行校准。

注：实验室根据设备对结果不确定度的贡献来确定是否对其进行校准时，应确定显著影响的定量判定规则，例如对结果不确定度贡献值 $\geq 10\%$ 的设备应进行校准。

影响报告结果有效性、需要校准的设备类型可包括：

- 用于直接测量被测量的设备，如测量质量所用的天平；
- 用于修正测量值的设备，如温度测量设备；
- 用于从多个量计算获得测量结果的设备，如校准扭矩扳子检定仪杠杆力臂长度和砝码力值的设备；

5 设备校准的基本要求

5.1 校准方案

实验室应制定设备校准方案，校准方案应包括设备的准确度要求、校准参量、校准点/校准范围、校准周期、校准方式（送校或现场校准）等信息。制定校准方案时，实验室应参考检测/校准方法对设备的要求、实际使用需求、成本和风险、历次校准结果的趋势、期间核查结果等因素。实验室应对已制定的校准方案进行复评，必要时做出调整。

5.2 校准服务机构

实验室应对校准服务机构按 ISO/IEC 17025 的 6.6 “外部提供的产品和服务” 进行管理，选择的校准服务机构应满足 CNAS-CL01-G002《测量结果的计量溯源性要求》的溯源途径要求，实验室应将校准方案的详细需求传达校准服务机构，并对校准服务机构进行评价和监控。

5.3 校准证书的确认

收到校准证书后，实验室应进行确认，确认应至少包含以下几个方面：

- a) 校准证书的完整性和规范性；
- b) 根据校准结果作出与方法要求和预期使用要求的符合性判定；
- c) 适用时，根据校准结果对相关设备进行调整、导入校准因子或在使用中修正。

5.4 校准结果的符合性判定

对校准结果进行符合性判定时，实验室应将其开展项目的检测和校准方法对设备的要求和使用需求作为判定依据，判定方法可参考 JJF 1094 《测量仪器特性评定》或

RB/T 197《检测和校准结果及与规范符合性的报告指南》。

注：若设备校准结果符合某准确度等级要求（或合格），但不符合所开展项目的检测/校准方法的要求，则该设备不满足要求；相反，若设备的校准结果不符合某准确度等级要求（或不合格），但校准结果符合检测/校准方法要求，则该设备满足要求。

6 设备校准周期的确定

6.1 设备定期校准的主要目的

实验室对设备进行定期校准的主要目的有：

- 建立、保持和证明设备的计量溯源性；
- 改善设备测量值与参考值之间的偏差及不确定度；
- 提高设备不确定度的可信性；
- 确定设备性能是否发生变化，该变化可能引起实验室对之前所出具结果的准确性产生怀疑。

6.2 设备初始校准周期的确定

设备初始校准周期的确定应由具备相关测量经验、设备校准经验或了解其它实验室设备校准周期的一个或多个人完成。确定设备初始校准周期时，实验室可参考计量检定规程/校准规范、所采用的方法和仪器制造商建议等信息。此外，实验室可综合考虑以下因素：

- 预期使用的程度和频次；
- 环境条件的影响；
- 测量所需的不确定度；
- 最大允许误差；
- 设备调整（或变化）；
- 被测量的影响（如高温对热电偶的影响）；
- 相同或类似设备汇总或已发布的测量数据。

6.3 设备校准周期的调整

ISO/IEC 17025 中 6.4.7 规定：“实验室应制定校准方案，并进行复审和必要的调整，以保持对校准状态的信心。”实验室制定校准方案后，应在后续使用中结合设备的使用情况和性能表现作出必要的调整。设备的校准周期以及后续校准周期的调整一般应由实验室（或设备使用者）确定，并以文件化的形式规定。如果设备的校准证书中给出了校准周期的建议，实验室可根据自身情况决定是否采用。

6.4 设备后续校准周期调整需考虑的因素

设备后续校准周期的调整，一般应考虑以下因素：

- 实验室需要或声明的测量不确定度；

- 设备超出最大允许误差限值使用的风险；
- 实验室使用不满足要求设备所采取纠正措施的代价；
- 设备的类型；
- 磨损和漂移的趋势；
- 制造商的建议；
- 使用的程度和频次；
- 使用的环境条件（气候条件、振动、电离辐射等）；
- 历次校准结果的趋势；
- 维护和维修的历史记录；
- 与其它参考标准或设备相互核查的频率；
- 期间核查的频率、质量及结果；
- 设备的运输安排及风险；
- 相关测量项目的质量控制情况及有效性；
- 操作人员的培训程度。

7 设备后续校准周期的调整方法

本文件给出两类校准周期的调整方法，即反应调整法和期间核查法，供实验室参考和使用。

7.1 反应调整法

反应法是基于设备之前历次校准结果进行校准周期的调整。该方法直观且易于应用，实验室不需要建立模型或预测将来的测量可靠性变化。本文件介绍其中两种便于使用的方法，即简单反应调整法和增量反应调整法。

7.1.1 周期调整的判定原则

反应调整法是基于风险考虑，根据设备初始校准后、经一定时间间隔（初始校准周期）的后续校准结果来确定后续校准周期：

- 1) 若校准结果位于最大允许误差的 80% 内，则后续的校准周期可延长；
- 2) 若校准结果超出最大允许误差，则后续校准周期应缩短；
- 3) 若校准结果位于最大允许误差 80% 和 100% 之间，或对校准结果的符合性难以做出判断，则实验室应考虑缩短校准周期或增加期间核查频次，对设备的性能做进一步验证。

注：在本文件中，检测/校准方法对设备的要求用“最大允许误差”来表述，泛指方法对设备所规定的各项技术指标，包括示值误差、重复性、稳定性、检出限、鉴别阈等。

7.1.2 简单反应调整法

简单反应调整法是一种最简单的调整校准周期方法，有时也称为“自动调整法”

或“阶梯调整法”。

若校准结果在最大允许误差内且符合 7.1.1 中 1) 的情况, 则通过增量系数 a 来延长校准周期; 若校准结果超出最大允许误差, 则通过减量系数 b 来缩短校准周期。新的校准周期 I_1 可通过公式 (1) 进行计算:

$$I_1 = I_0(1+a) \text{ 或 } I_1 = I_0(1-b) \quad (1)$$

式中, I_0 为调整前的校准周期。

实验室应设定适当的 a 和 b 的值。 a 和 b 值的设定决定后续校准周期的调整。通常情况下, 实验室可以先设定 a 值和长期平均测量可靠性目标 R_t 的值, b 可以通过公式 (2) 计算:

$$b = 1 - (1+a)^{-R_t/(1-R_t)} \quad (2)$$

a 和 b 的值与设备的测量可靠性目标相关。例如, a 取 0.1、 b 取 0.55 可获得大约 90% 的测量可靠性目标。

实验室在选择系数 a 时应进行权衡: a 值选的越大, 则该方法可使校准周期从初始值接近“正确值”的速度越快; 若 a 值选的较小, 校准周期接近“正确值”的速度较慢, 但校准周期一旦达到正确值, 较小的 a 值可使其更好的保持在“正确值”附近。

简单反应调整法的缺点是实验室无法确认校准周期在什么时间达到了“正确值”。

7.1.3 增量反应调整法

增量反应调整法也是基于历次校准结果对校准周期进行调整。该方法的最终测量可靠性目标 R 由实验室直接设定。该方法调整后的校准周期 I_{m+1} 与调整前的校准周期 I_m 的关系见公式 (3)。

$$I_{m+1} = I_m [1 + \Delta_{m+1} (-R)^{1-y_{m+1}} (R)^{y_{m+1}}] \quad (3)$$

其中, Δ_{m+1} 与 Δ_m 的关系见公式 (4)。

$$\Delta_{m+1} = \frac{\Delta_m}{2^{|y_{m+1}-y_m|}}, \quad \Delta_0 = 1, y_0 = 1 \quad (4)$$

式中:

I_m —— 第 m 次校准时的校准周期;

Δ_m —— 第 m 次校准周期调整的系数;

R —— 测量可靠性目标;

y_m —— 计算因子, 当第 m 次校准结果满足要求时 $y_m = 1$, 当第 m 次校准结果不

满足要求时 $y_m = 0$ ；

m ——校准周期的调整序号。

在调整校准周期过程中，若设备的性能稳定（校准结果持续满足要求），则在达到校准周期“正确值”的过程中，周期调整的幅度逐渐减小。

增量反应调整法的优点是可改善周期调整过程中偏离其“正确值”的负面影响因素。

7.2 期间核查法

该方法适用于实验室配置了核查标准、且核查标准的准确度等级高于被核查设备的情况，实验室可通过期间核查结果来决定是否对被核查设备进行校准。

期间核查法要求每次试验前或定期使用核查标准对重要参数及关键测量点进行核查。当核查结果未超出最大允许误差，且设备的稳定性较好时，不需要校准；当设备稳定性差，核查结果接近且有超出最大允许误差的趋势时，应及时采取措施并进行校准。

例如，根据 GB/T 231.1《金属材料布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法》，实验室使用布氏硬度计进行硬度试验前，每次都通过标准硬度块对所使用的范围/标尺进行核查，将核查结果记录下来。若核查结果与标准硬度块标准值的差值在 0.5% 以内，则满足要求；否则，不满足要求。每次核查结果应保存一段时间（如一个校准周期），以便监测硬度计的再现性和稳定性。若每次核查结果都满足要求且上次校准后硬度计的稳定性较好，则无需再校准；若发现核查结果虽满足要求但接近最大允许误差，且历次核查结果反映设备有超出最大允许误差的趋势，则实验室应及时采取措施并进行再校准。

7.3 调整方法的选择和注意事项

简单反应调整法和增量反应调整法都是基于设备历次校准结果来确定校准周期的，采用这两种方法的前提条件是设备未发生大修或更换，大修或更换的设备不应参考设备之前的历次校准结果，而应按新设备处理。

期间核查法只是核查设备一个或几个关键测量点/参量，若核查的测量点和设备实际使用的测量点接近，则核查结果具有较强的针对性和有效性；若设备的核查范围远远小于设备的使用范围，则核查结果不能作为设备是否需要校准的依据，校准周期也不宜确定的过长。

实验室确定和调整设备的校准周期时，除参考历次校准结果和期间核查结果外，还应综合考虑延长周期的风险和本文件 6.4 条的相关因素。实验室应对不同的设备制定合理的校准周期，过长的校准周期会导致设备失准或失效；过短的校准周期会增加校准费用及成本。

注：设备校准周期不宜超过 3 年。对于校准周期较长的设备，实验室应有充分有效的技术手段（如期间核查等）作为支撑。

附录 A (资料性附录)

简单反应调整法应用实例

例如,设备为 3 等量块(负 10 块组),其初始校准的时间间隔 $I_0 = 12$ 月,取 $a = 0.2$ 、 $R_i = 90\%$,按照公式(1)计算 $b = 0.8$,其历次校准结果见表 1。

表 1. 3 等量块(负 10 块组)的历次校准结果

标称 值 /mm	第 1 次校准			第 2 次校准			第 3 次校准		
	中心长 度偏差 / μm	长度变 动量 / μm	长度年 变化量 / μm	中心长 度偏差 / μm	长度 变动 量/ μm	长度年 变化量 / μm	中心长 度偏差 / μm	长度变 动量 / μm	长度 年变 化量 / μm
0.991	+0.05	0.00	0.01	+0.05	0.00	0.00	+0.04	0.01	0.00
0.992	+0.07	0.00	0.00	+0.07	0.01	0.00	+0.06	0.01	0.00
0.993	-0.04	0.01	0.00	-0.04	0.01	0.00	-0.04	0.02	0.00
0.994	+0.04	0.01	0.00	+0.04	0.01	0.00	+0.05	0.01	0.01
0.995	+0.05	0.00	0.00	+0.05	0.00	0.00	+0.05	0.01	0.00
0.996	+0.10	0.00	0.00	+0.10	0.01	0.01	+0.10	0.00	0.00
0.997	-0.05	0.02	0.00	-0.05	0.02	0.00	-0.06	0.02	0.00
0.998	+0.13	0.02	0.01	+0.13	0.02	0.00	+0.13	0.02	0.00
0.999	-0.10	0.01	0.00	-0.10	0.02	0.00	-0.10	0.02	0.00
1.000	+0.08	0.01	0.00	+0.08	0.01	0.00	+0.08	0.02	0.00
扩展不确定度 $U=0.11 \mu\text{m}$ 、长度变动量最大允差 $0.16 \mu\text{m}$ 、长度的最大允许年变化量 $0.10 \mu\text{m}$									

第 1 次校准结果符合要求(符合 3 等)且小于最大允许误差的 80%:

$$I_1 = I_0(1+a) = 12 \times (1+0.2) \approx 14(\text{月})$$

第 2 次校准结果符合要求(符合 3 等)且小于最大允许误差的 80%:

$$I_2 = I_1(1+a) = 14 \times (1+0.2) \approx 17(\text{月})$$

第 3 次校准结果符合要求(符合 3 等)且小于最大允许误差的 80%:

$$I_3 = I_2(1+a) = 17 \times (1+0.2) \approx 20(\text{月})$$

附录 B (资料性附录)

增量反应调整法应用实例

例如, 设备为 M_1 等级砝码 (均带调整腔), 其初始校准的时间间隔 $I_0 = 12$ 月, 测量可靠性目标设定为 $R = 90\%$, 其历次校准结果见表 2。

表 2. M_1 等级砝码的历次校准结果

标称 质量 /g	折算质量修正值/mg				扩展不 确定度 /mg	最大允 许误差 /mg
	第 1 次 校准	第 2 次 校准	第 3 次 校准	第 4 次 校准		
1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.4	0.3	± 1.0
2	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	± 1.2
2*	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4	± 1.2
5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	± 1.6
10	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	± 2.0
20	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	± 2.5
20*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	± 2.5
50	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0	± 3.0
100	2.8	0.4(5.1)	0.5	0.5	1.6	± 5.0
200	5	6	5	5	3	± 10
200*	6	6	5	5	3	± 10
500	7	7	6	6	8	± 25

注: 100 g 砝码在第 2 次校准时其折算质量修正值 5.1 mg, 超出最大允许误差 ± 5.0 mg, 经维修调整后其折算质量修正值为 0.4 mg, 合格。

第 1 次校准结果符合要求 (符合 M_1 等级) 且小于最大允许误差的 80%:

$$y_1 = 1, \Delta_0 = 1, \Delta_1 = \frac{1}{2^{|1-1|}} = 1$$

$$I_1 = I_0 [1 + \Delta_1 (-R)^{1-y_1} (R)^{y_1}] = 12 \times [1 + 1 \times (-0.9)^{1-1} \times (0.9)^1] = 22.8 \approx 23 (\text{月})$$

第 2 次校准结果不符合要求 (不符合 M_1 等级), 经调修后合格 (符合 M_1 等级):

$$y_2 = 0, \Delta_1 = 1, \Delta_2 = \frac{1}{2^{|0-1|}} = 0.5$$

$$I_2 = I_1 [1 + \Delta_2 (-R)^{1-y_2} (R)^{y_2}] = 23 \times [1 + 0.5 \times (-0.9)^{1-0} \times (0.9)^0] = 12.65 \approx 13 (\text{月})$$

第 3 次校准结果符合要求（符合 M_1 等级）且小于最大允许误差的 80%：

$$y_3 = 1, \Delta_2 = 0.5, \Delta_3 = \frac{0.5}{2^{|1-0|}} = 0.25$$

$$I_3 = I_2[1 + \Delta_3(-R)^{1-y_3}(R)^{y_3}] = 13 \times [1 + 0.25 \times (-0.9)^{1-1} \times (0.9)^1] = 15.925 \approx 16(\text{月})$$

第 4 次校准结果符合要求（符合 M_1 等级）且小于最大允许误差的 80%：

$$y_4 = 1, \Delta_3 = 0.25, \Delta_4 = \frac{0.25}{2^{|1-1|}} = 0.25$$

$$I_4 = I_3[1 + \Delta_4(-R)^{1-y_3}(R)^{y_3}] = 16 \times [1 + 0.25 \times (-0.9)^{1-1} \times (0.9)^1] = 19.6 \approx 20(\text{月})$$

参考文献

- [1] ILAC-G24:2007/OIML D 10:2007(E), 测量设备校准周期的确定指南
- [2] NCSL RP-1:2010, 校准周期的确定和调整[S]
- [3] CNAS-CL06:2014, 测量结果的溯源性要求
- [4] GB/T231.1—2009, 金属材料布氏硬度试验第1部分：试验方法[S]