



中华人民共和国国家计量检定系统表

JJG 2045—2010

力值 (≤ 1 MN) 计量器具

Measuring Instruments for Force (≤ 1 MN)

2010-06-10 发布

2010-12-10 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

力值 (≤ 1 MN)
计量器具检定系统表
Verification Scheme of Measuring
Instruments for Force (≤ 1 MN)

JJG 2045—2010
代替 JJG 2045—1990

本检定系统表经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 6 月 10 日批准，
并自 2010 年 12 月 10 日起施行。

归口单位：全国力值硬度计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

航天科技集团公司一院 102 所

中国测试技术研究院

本检定系统表由全国力值硬度计量技术委员会负责解释

主要起草人：

吴 鲲（中国计量科学研究院）

高 翔（航天科技集团公司一院 102 所）

蒋希明（中国计量科学研究院）

贺建平（中国测试技术研究院）

参加起草人：

张 叶（中国计量科学研究院）

林 海（中国计量科学研究院）

郭 斌（中国计量科学研究院）

目 录

1 范围.....	(1)
2 计量基准器具.....	(1)
3 计量标准器具.....	(1)
4 工作计量器具.....	(2)
5 力值 ($\leq 1\text{ MN}$) 计量器具检定系统表框图	(3)
附录 A 系数 E_n 的计算方法	(5)

力值 (≤ 1 MN) 计量器具检定系统表

1 范围

本检定系统表适用于力值 (≤ 1 MN) 计量器具的检定。它规定了力值国家基准的用途和组成, 基准所包括的全套基本计量器具, 基准的计量学性能和通过计量标准向工作计量器具传递力值单位量值的程序, 并指明其不确定度和基本检定方法等。

在整个力值检定系统中, 力标准器可分为两类。第一类为产生力值的固定式标准器。此类标准器按结构分为静重式、杠杆式、液压式和叠加式等力标准机。第二类为传递力值的各种便携式标准器。这种标准器按其测量原理可分为百分表式、应变式等标准测力仪。

2 计量基准器具

力值国家基准由 6 种静重式力基准机组成。6 种静重式力基准机的力值范围分别为: 20 kN~1 MN; 5 kN~300 kN; 2 kN~100 kN; 100 N~6 kN; 10 N~1 kN; 10 N~300 N。静重式力基准机是以砝码产生的重力作为基准力值, 通过适当的机构自动地将力值施加在被检定的测力仪上。这种器具的力值不确定度主要取决于砝码质量的不确定度, 安装地点重力加速度的测量不确定度, 砝码和空气密度的测量不确定度, 同时还与砝码的稳定性、加卸方式及器具的结构等有关。10 N~1 MN 力值国家基准的力值相对扩展不确定度 U_r 为 2×10^{-5} ($k=3$)。

3 计量标准器具

计量标准器包括力标准装置 (静重式、杠杆式、液压式和叠加式等四种型式) 及用于力值量值传递用的标准测力仪。

3.1 静重式力标准装置与静重式力基准机的结构原理基本一致, 只是砝码质量的不确定度、安装地点重力加速度的测量不确定度、砝码和空气密度的测量不确定度等影响量上与力基准机有差异, 力值相对扩展不确定度 U_r 一般达 1×10^{-4} ($k=2$)。

3.2 杠杆式力标准装置以砝码产生的重力作为标准负荷, 经适当的杠杆机构放大后按预定顺序自动地将力值加到被检测力仪上。它比静重式力标准装置容易得到更大的力值, 其计量学性能主要取决于杠杆的构造与组合情况, 刀刃与刀承的构造以及加工和安装质量等。目前国内此种机器均为单杠杆结构, 其杠杆比为 10:1 和 20:1, 最大力值有 1 MN、300 kN、100 kN、60 kN、50 kN, 力值相对扩展不确定度 U_r 一般达 3×10^{-4} , 部分可达到 1×10^{-4} ($k=2$)。考虑到检定条件和周期, 杠杆式力标准装置的力值相对扩展不确定度 U_r 定为 3×10^{-4} 和 5×10^{-4} 两类。实际检定时, 根据具体检定结果确定其所属级别。

3.3 液压式力标准装置的力值相对扩展不确定度 U_r 为 5×10^{-4} 和 1×10^{-3} 两级。

3.4 叠加式力标准装置用一个或一组比被检定测力仪的准确度等级高的测力仪作为标准，与被检定的测力仪进行串联，以液压方式或机械方式施加力值。国内已有 1 MN 叠加式力标准装置，力值相对扩展不确定度 U_r 达 5×10^{-4} 。

注：对于可能建立的其他类型的产生力值的装置，只要力值相对扩展不确定度 U_r 不大于 1×10^{-3} ，也可作为力标准装置。

3.5 传递力值的标准测力仪的主要技术指标有两个，一是力值重复性 R ，二是力值稳定度 S_b 。根据目前标准力值准确度的水平，将作为基准力值与标准力值之间的传递工具的标准测力仪分为两级，即 0.01 级和 0.03 级。根据力值重复性 R 和力值稳定度 S_b 均应不大于被检力标准机的力值不确定度的三分之一的要求，0.01 级标准测力仪用于 0.03 与 0.05 两个级别的力标准机的检定。0.03 级标准测力仪用于 0.1 级力标准机的检定。为达到此要求，目前需要用相应等级的传感器和相应的测试仪表，同时要尽量保证检定条件和使用条件的一致。检定和使用条件包括：传感器的放置方向、加卸荷及读数时间、环境的温度湿度等。

3.6 作为标准力值与一般工作机之间传递的标准测力仪分为三级，即 0.1 级、0.3 级和 0.5 级。0.1 级标准测力仪用于检定力值不确定度为 0.5% 的试验机；0.3 级标准测力仪用于检定力值不确定度为 1% 的试验机；0.5 级标准测力仪用于检定力值不确定度为 2% 的试验机。

3.7 较小力值的拉力试验机和弹簧试验机也可以用其重力测量不确定度小于 1×10^{-3} 的专用砝码检定。

3.8 根据量值传递理论，在满足力值检定系统框图及上述有关说明的要求时，各级力值之间的传递可以略去其上一级的力值不确定度或其他技术指标对下一级力值不确定度的影响。

3.9 在检定系统框图中，作为标准的静重式力标准装置的力值相对扩展不确定度的确定方法同静重式力基准机。同时，还需用高精度的传感器与力基准机进行比对。对于优于 0.01 级静重式力标准机的力值比对结果，用系数 E_n 评定。若 E_n 小于 1，则两台静重式测力机的一致性在其不确定度的允许范围内。 E_n 的计算见附录 A。

3.10 对于检定试验机的较小力值部分，其检定是通过校验杠杆或砝码来完成的。整个检定仪器的力值相对扩展不确定度较容易达到 1×10^{-3} 。

4 工作计量器具

4.1 一般材料试验机主要指用于金属材料等力学性能试验的机器，根据其技术指标分为两级，力值相对扩展不确定度不超过 1% 的机器大部分是传统的液压式或机械式材料试验机，用 0.3 级标准测力仪进行检定。力值相对扩展不确定度不超过 0.5% 的机器大部分是用力传感器进行力值测量的电子式材料试验机，用 0.1 级标准测力仪进行检定。

4.2 小力值试验机主要用于金属小试样和非金属材料的力学性能试验。可分为三种方

法检定，或是 0.3 级标准测力仪，或是校验杠杆，或是标准砝码。

4.3 专用试验机主要指用于建筑、化工等行业的某些非金属材料试验机。由于样品分散性较大，准确度不高，故将此类机器的力值相对扩展不确定度降低到 2%，用 0.5 级标准测力仪或是标准砝码进行检定。

4.4 微小力值试验机一般通过直接施加标准砝码产生力值。其力值相对扩展不确定度的确定与静重式力基准机相同，二者的差异只是前者测量准确度较低，有些因素不必考虑。

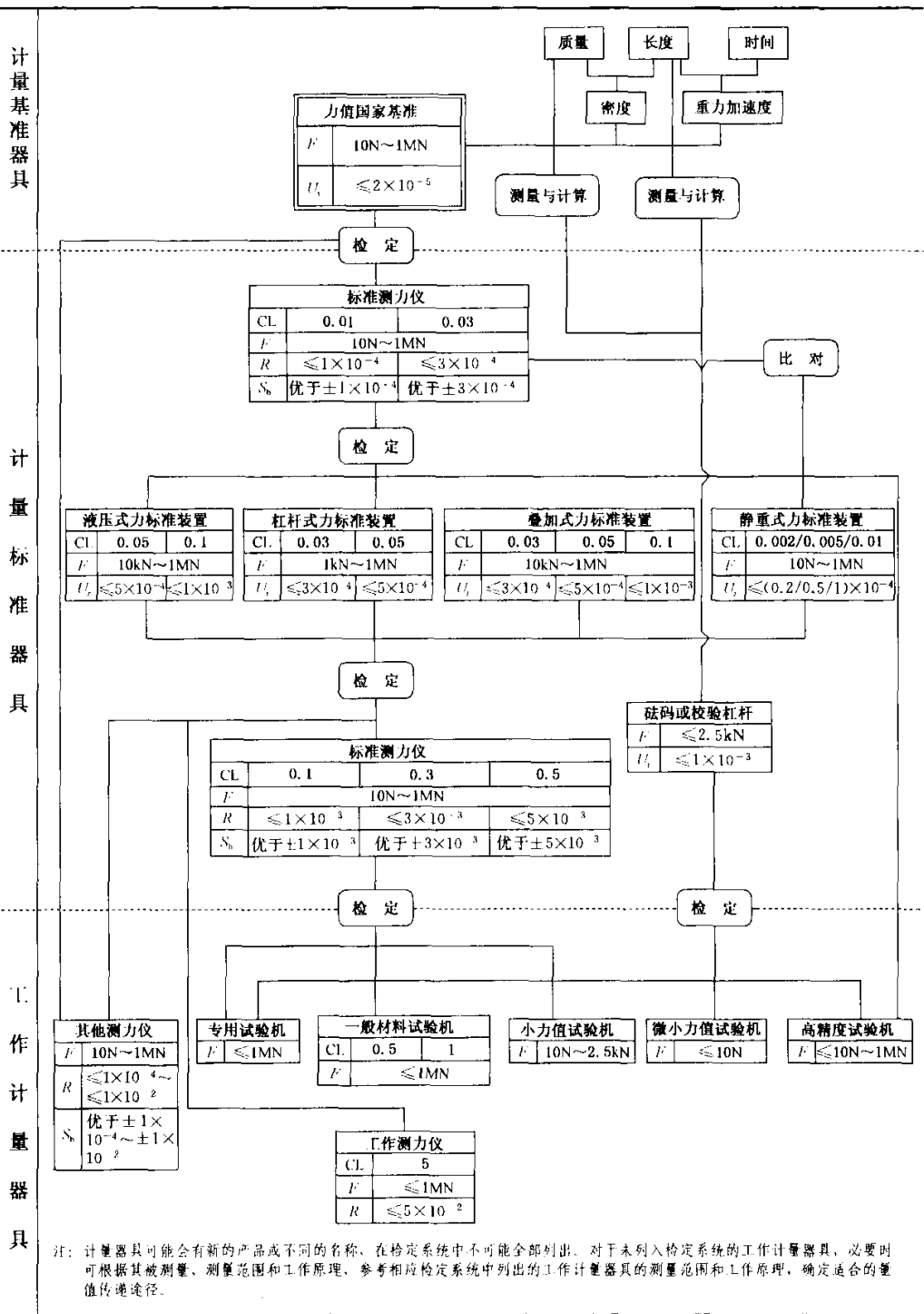
4.5 有些部门要求用高准确度试验机对某些材料进行力学性能试验。此类试验机主要是电子试验机，力值相对扩展不确定度为 0.1%，需用 0.03 级标准测力仪或是标准砝码进行检定。

4.6 其他测力仪主要指各种不同准确度、不同原理、不同量程的测力与称重传感器。除了少数 0.01 级和 0.03 级的测力仪用静重式力基（标）准装置检定外，其余大多数根据需要与可能用相应的力标准机进行检定。

4.7 工作测力仪广泛应用于拉、压及张力的测量，对其力值重复性和力值稳定度的要求不高，一般为 5%。这类仪器可用任何量程合适的力标准装置检定。

5 力值（ ≤ 1 MN）计量器具检定系统表框图（见下表）

力值 ($\leq 1\text{ MN}$) 计量器具检定系统表框图



注：计量器具可能会有新的产品或不同的名称，在检定系统中不可能全部列出。对于未列入检定系统的工作计量器具，必要时可根据其被测量、测量范围和工作原理，参考相应检定系统中列出的工作计量器具的测量范围和工作原理，确定适合的量值传递途径。

符号说明： F ——力值范围； U_i ——力值相对扩展不确定度（对于基准 $k=3$ ，对于标准 $k=2$ ）； R ——力值重复性； S_0 ——力值稳定性；CL——级别

附录 A

系数 E_n 的计算方法

用比对法进行力值复现时，测量结果的相对扩展不确定度按公式 (A.1) 计算：

$$U_c = 2 \times u_c = 2 \times \sqrt{u_{\text{mac}}^2 + u_{\text{rep}}^2 + u_{\text{repro}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{time}}^2 + u_{\text{temp}}^2} \quad (\text{A.1})$$

式中： u_{mac} 是力基准机的标准不确定度， u_{rep} 是重复性带来的标准不确定度， u_{repro} 是旋转效应带来的标准不确定度， u_{res} 是指示仪表分辨率带来的标准不确定度， u_{time} 是比对的力基准机与被检力标准装置加力时间不同带来的标准不确定度， u_{temp} 是参加比对的实验室温度不同带来的标准不确定度。在比对试验中由于力传感器输出信号漂移引起的标准不确定度 u_{drift} 为：

$$u_{\text{drift}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \times \frac{x_{\text{post}}^{\text{A}} - x_{\text{pre}}^{\text{A}}}{x_{\text{mean}}^{\text{A}}} \quad (\text{A.2})$$

式中： $x_{\text{pre}}^{\text{A}}$ 、 $x_{\text{post}}^{\text{A}}$ 分别为前后两次在力基准机上的试验数据， $x_{\text{mean}}^{\text{A}}$ 为这两次数据的平均值。

在力基准机上测量结果的相对扩展不确定度 $U_{c,A}$ 用式 (A.3) 计算，其中包含因子等于 2。

$$U_{c,A} = 2 \times \sqrt{\frac{(u_{c,\text{pre}}^2 + u_{c,\text{post}}^2)}{4} + u_{\text{drift}}^2} \quad (\text{A.3})$$

式中： $u_{c,\text{pre}}$ 、 $u_{c,\text{post}}$ 分别为前后两次在力基准机上试验时的相对标准不确定度。

力基准机与被检力标准装置之间测量结果的相对偏差 δ 为：

$$\delta = \frac{x_{\text{mean}}^{\text{B}} - x_{\text{mean}}^{\text{A}}}{x_{\text{mean}}^{\text{A}}} \quad (\text{A.4})$$

式中： $x_{\text{mean}}^{\text{A}}$ 为在力基准机上试验数据的平均值， $x_{\text{mean}}^{\text{B}}$ 为在被检力标准装置上试验数据的平均值。

将相对偏差归一化，用系数 E_n 来表示：

$$E_n = \frac{\delta}{\sqrt{U_{c,A}^2 + U_{c,B}^2}} \quad (\text{A.5})$$