



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1134—2005

专用工作测力机校准规范

Calibration Specification for Working Force
Measuring Machines for Special Purposes

2005 - 04 - 28 发布

2005 - 07 - 28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

专用工作测力机校准规范

Calibration Specification for Working Force

Measuring Machines for Special Purposes

JJF 1134—2005

代替 JJG 609—1989

JJG 333—1996

JJG 787—1992

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 4 月 28 日批准，并自 2005 年 7 月 28 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： 上海市计量测试技术研究院

中国计量科学研究院

本规范由全国力值硬度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张贵仁 （上海市计量测试技术研究院）

华林虎 （上海市计量测试技术研究院）

张智敏 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

虞跃凌 （上海市计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 基本要求	(1)
4.2 安全保护装置	(1)
4.3 测力机准确度级别与技术指标	(2)
4.4 附加功能	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 力标准器	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(4)
6.3 附加功能	(6)
7 校准结果表达	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 专用工作测力机校准结果的不确定度评定方法	(7)
附录 B 校准报告内页格式 1	(10)
附录 C 校准报告内页格式 2	(11)
附录 D 专用工作测力机校准纪录	(12)

专用工作测力机校准规范

1 范围

本规范适用于各种规格和级别的压缩试验机、颗粒强度测试仪等专用工作测力机（以下简称测力机）的力值校准。

其他专用测力装置的力值校准可参照本规范进行。

2 引用文献

JJF 1059—1999 测量不确定度的评定与表示

JJF 1094—2002 测量仪器特征评定

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

测力机广泛应用于产品、部件及其在制造、装配工艺中的拉力、压力或相关参数的校准。测力机主要由力驱动装置和力指示装置二大部分构成。测力机工作时由力驱动装置对试样施加试验力。力指示装置指示所测力值或相关测量结果。

4 计量特性

4.1 基本要求

A) 测力机的指示装置应使用与被测量单位相一致的法定计量单位作为基本计量单位。

B) 指示装置显示的相关测量结果，应能根据说明书提供的技术说明、计算公式及有关常数、系数进行验证。

C) 指示装置的零点调节功能

1) 力值的零点调节范围应大于由自带附件重力产生的、及不同工作位置、方向（一般考虑垂直与水平方向）引起的最大零点变化。

2) 进入测试状态或测量值大于测量下限后零点调节功能应受到限制。

3) 测量部分有多个量程时，各量程切换时的零点应一致，其变化不大于较小量程最大允许误差的 1/2。

D) 用数字显示的测量值应能区分正、负数。

4.2 安全保护装置

A) 测力机应有防止试样破碎飞溅、失稳弹出、断裂抛甩等的安全防护结构和（或）设施。

B) 加载系统采用液压、机械驱动方式时应有下列安全保护功能：

1) 当试验力达到额定值的 102% ~ 110% 时，超载保护装置应即时作用停止施加力值。

2) 当动力驱动承载装置移动至极限位置时，限位装置应即时作用停止移动。

3) 当停止或结束试验的设置条件得到满足时, 测力机应即时自动停止或结束试验。

4.3 测力机准确度级别与技术指标

A) 以引用误差确定级别时计量特性见表 1。

表 1 测力机级别及技术指标 (FS)

级别(FS)		0.1	0.2	(0.3)	(0.4)	0.5	1.0	2.0	(3.0)	(4.0)	5.0
技术指标	α' (% FS)	≤ 0.05	≤ 0.20	≤ 0.15	≤ 0.20	≤ 0.25	≤ 0.50	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 2.5
	f'_0 (% FS)	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.20	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 2.5
	q' (% FS)	± 0.10	± 0.2	± 0.30	± 0.40	± 0.50	± 1.0	± 2.0	± 3.0	± 4.0	± 5.0
	b' (% FS)	0.10	0.2	0.30	0.40	0.50	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	u' (% FS)	± 0.15	± 0.3	± 0.45	± 0.60	± 0.75	± 1.5	± 3.0	± 4.5	± 6.0	± 7.5
说明	α' —力指示装置的相对分辨力; f'_0 —回零相对误差; q' —示值相对误差; b' —示值重复性相对误差; u' —示值进回程相对误差(根据用户需要给出)。										
	注 1: 指示 q' , b' , u' 用于测力机定级时参考, 除非用户需要一般不据此给出符合与否的评定。 注 2: 不带括号的级别为优先推荐采用的级别。										

B) 以相对误差确定级别时计量特性见表 2。

表 2 测力机级别及技术指标

级别		0.5	1.0	2.0	3.0	(4.0)	5.0
技术指标	α (%)	≤ 0.25	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 2.5
	f_0 (%)	± 0.25	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 2.5
	q (%)	± 0.5	± 1.0	± 2.0	± 3.0	± 4.0	± 5.0
	b (%)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	u (%)	± 0.75	± 1.5	± 3.0	± 4.5	± 6.0	± 7.5
说明	α —力指示装置的相对分辨力; f_0 —回零相对误差; q —示值相对误差; b —示值重复性相对误差; u —示值进回程相对误差(根据用户需要给出)。						
	注 1: 指示 q , b , u 用于测力机定级时参考, 除非用户需要一般不据此给出符合与否的评定。 注 2: 不带括号的级别为优先推荐采用的级别。						

4.4 附加功能

A) 测力机的其他附加功能如峰值保持、示值锁定、报警、控制、绘图、输出、打印及通讯等作用时，其工作性能应能满足说明书和相关试验方法标准的要求。

B) 测力机的其他性能指标如时间、长度、速度等的校准应根据说明书和相关技术标准的要求进行。

5 校准条件

5.1 环境条件

A) 温度：(10~35)℃，校准过程中温度波动不大于2℃。

B) 湿度：≤80%RH。

C) 其他条件：校准时不得有影响校准结果的外观缺陷及振动、电磁场或其他干扰源。

5.2 力标准器

5.2.1 根据测力机的规格和结构形式正确选用相应量程的标准测力砝码、标准测力杠杆、标准测力仪作为校准测力机的力标准器。

5.2.2 建议用于校准测力机的力标准器计量特性见表3。

表3 力标准器技术指标

测力机级别 确定方式	标准器类型	标准器技术指标		
		力值误差	重复性	长期稳定度
%FS	标准测力砝码	≤1/3 测力机引用 误差	/	/
	标准测力杠杆	≤1/3 测力机引用 误差	≤1/3 (测力机允许 重复性)	/
	标准测力仪	/	≤1/3 (测力机允许 重复性)	≤ (测力仪允许长期 稳定度)
%	标准测力砝码	≤1/3 测力机相对 误差	/	/
	标准测力杠杆	≤1/3 测力机相对 误差	≤1/3 (测力机相对 重复性)	/
	标准测力仪	/	≤1/3 (测力机相对 重复性)	≤ (测力仪允许长期 稳定度)

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

测力机的校准项目见表 4。

表 4 测力机的校准项目

序号	校准项目	说明
1	相对分辨力	/
2	回零相对误差	
3	示值算术平均值	校准报告上仅给出其中之一 及相应不确定度
4	示值相对误差	
5	示值重复性相对误差	/
6	示值进回程相对误差	根据用户需要给出

6.2 校准方法

6.2.1 第 4.1 条基本要求的检查通过目测和操作的方法进行。

6.2.2 第 4.2 条安全保护性能的检查通过目测和操作的方法进行。

6.2.3 满足第 4.1 条、第 4.2 条要求后进行第 4.3 条计量特性的校准：

A) 测力机校准前准备工作按说明书要求进行。

B) 力标准器的安装与联接

1) 力标准器的安装应保证其受力轴线与测力机的施力轴线相重合。

2) 压向测力机进行力值校准时，包括力标准器在内只允许用一个带灵活球面的承压垫。

3) 拉向测力机的两端使用环铰联接件，应灵活可靠。

C) 计量特性的校准

1) 测力机的测量下限作为校准起始点，在测量范围按需要确定校准点数，如用户未提需要，一般不少于 3 点，各点应大致均匀分布。

2) 将力标准器（除标准测力砝码外）和测力机的示值调至零点。沿力标准器受力轴线逐点递增施加试验力值，至校准点保持稳定后读取进程示值，该过程连续进行 3 遍。示值的检定状态，必须与使用状态一致。

第一遍校准结果卸除试验力后读取测力机的回零示值。需要给出示值进回程相对误差时通常在第 3 次示值进程校准后接着校准回程。

6.2.4 测力机有关技术指标的计算方法

A) 相对分辨力

$$\alpha' = r/F_N \times 100\% \quad (1)$$

$$\alpha = r/F_r \times 100\% \quad (2)$$

式中： r ——检定点示值分辨力；

F_r ——测力机的下限值；

F_N ——测力机的上限值。

注 1:

对模拟式指示装置, 分辨力 r 应根据指针宽度于相邻刻线中心间距 (刻度间隔) 的比值来确定, 推荐比例为 1/2, 1/5, 1/10, 要估读到 1/10 时, 要求刻度间隔不小于 1.25 mm。

注 2:

对数字式指示装置, 在测力机未受力时, 其示值变化不大于一个增量, 分辨力 r 为其末位有效数字的一个增量。若读数变化大于上述定义的分辨力值 (在测力机未受力时), 分辨力应视为变化范围的一半。

B) 回零相对误差

$$f'_o = \frac{F_{io}}{F_N} \times 100\% \quad (3)$$

$$f_o = \frac{F_{io}}{F_r} \times 100\% \quad (4)$$

式中: F_{io} ——卸除试验力后的测力机残余示值;

F_r ——测力机的下限值;

F_N ——测力机的上限值。

C) 校准时以力标准器为准, 在测力机指示装置上读取示值且按下列各式计算:

1) 示值算术平均值

$$\overline{F_i} = \frac{\sum f_{ij}}{n} \quad (5)$$

2) 示值误差值

$$\delta = \overline{F_i} - F \quad (6)$$

3) 示值相对误差

$$q' = \frac{\overline{F_i} - F}{F_N} \times 100\% \quad (7)$$

$$q = \frac{\overline{F_i} - F}{F} \times 100\% \quad (8)$$

4) 示值重复性相对误差

$$b' = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F_N} \times 100\% \quad (9)$$

$$b = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F} \times 100\% \quad (10)$$

5) 示值进回程相对误差

$$u' = \frac{F'_i - F_i}{F_N} \times 100\% \quad (11)$$

$$u = \frac{F'_i - F_i}{F} \times 100\% \quad (12)$$

式中: f_{ij} ——测力机第 i 检定点的第 j 次示值 ($j = 1, 2, \dots, n$);

F_N ——测力机的上限值;

F ——与力标准器示值对应的试验力;

\overline{F}_i ——测力机第 i 检定点 n 次进程示值的算术平均值；

$F_{i\max}$, $F_{i\min}$ ——第 i 检定点 3 次进程示值的最大值和最小值；

F_i ——第 i 检定点的测力机进程示值；

F'_i ——第 i 检定点的测力机回程示值。

D) 根据 JJF 1059—1999《测量不确定度的评定与表示》的规定给出测量结果的不确定度（参见附录 B）。

6.3 附加功能

第 4.4 条附加功能的要求一般在定型鉴定、样机试验时进行检查。也可根据用户需要检查该项目的部分或全部内容。

7 校准结果表达

A) 校准证书或校准报告应至少包含以下信息：

- 1) 标题，如“校准证书”“或校准报告”；
 - 2) 实验室名称和地址；
 - 3) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
 - 4) 证书或报告的惟一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
 - 5) 送校单位的名称和地址；
 - 6) 被校对象的描述和明确标识；
 - 7) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
 - 8) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
 - 9) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
 - 10) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
 - 11) 校准环境的描述；
 - 12) 校准结果及其测量不确定度的说明；
 - 13) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
 - 14) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
 - 15) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。
- B) 校准结果及其测量不确定度可以下列形式之一反映在校准证书或校准报告上：
- 1) 给出各点示值的算术平均值作为校准结果（参见附录 B 中校准报告内页格式）；
 - 2) 给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值（参见附录 C 中校准报告内页格式）。

8 复校时间间隔

测力机的复校时间间隔一般由用户根据使用状况自行确定。建议最长复校时间间隔不超过 1 年。

附录 A

专用工作测力机校准结果的不确定度评定方法

1 概述

1.1 校准方法：依据本《专用工作测力机校准规范》。

1.2 环境条件：室温（10~35）℃，校准过程中温度波动不大于 2℃。

1.3 力标准器：可选择使用标准测力砝码、标准测力杠杆和标准测力仪等各种形式的力标准器。

1.4 被校对象：本规范适用的专用工作测力机（以下简称测力机）。

1.5 校准过程：在规定环境条件下，将力标准器与测力机沿受力轴线串接。以力标准器产生的力值为准，按力的递增方向校准测力机的各点力值示值，该过程连续进行 3 次，以 3 次示值的算术平均值作为测力机的校准结果。校准结果也可以力值的示值误差形式给出。

1.6 评定方法的使用：对符合上述条件的测力机校准结果，可直接采用本评定方法导出的计算公式进行校准结果的不确定度评定。

2 评定模型

2.1 数学模型

$$\delta = \bar{F} - F \quad (1)$$

式中： δ ——测力机的示值误差；

\bar{F} ——对应标准力 F 作用下测力机 3 次示值的算术平均值；

F ——校准测力机时施加的标准力值。

2.2 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式（1）可以导出测力机力值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left[\frac{\partial \delta}{\partial \bar{F}}\right]^2 u^2(\bar{F}) + \left[\frac{\partial \delta}{\partial F}\right]^2 u^2(F)} \quad (2)$$

2.2.1 由于 \bar{F} 与 F 彼此独立，且灵敏系数

$$\bar{F} \text{ 的灵敏系数} \quad c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{F}} = 1$$

$$F \text{ 的灵敏系数} \quad c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial F} = -1$$

2.2.2 故公式（2）可简化为

$$u_c(\delta) = \sqrt{u^2(\bar{F}) + u^2(F)} \quad (3)$$

3 标准不确定度分量评定

3.1 标准不确定度来源与估算见表 A.1。

根据表 A.1 得到的标准不确定度，按式（4）~（10）进行

3.2 标准不确定度分量 $u^2(\bar{F})$ 评定

$$u^2(\bar{F}) = \left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 \quad (4)$$

表 A.1 标准不确定度来源估算

项目		符号	半宽度 a_i	分类	分布	分布因子 k_i	标准 不确定度	
测力机 示值 $u(F)$	示值重复性	ΔR	$\frac{\Delta R}{1.64}$	A	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}$	
	示值估读能力	r	$\frac{r}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{r}{2\sqrt{3}}$	
力标准器 $u(F)$	标准测 力砝码	力值误差	δ_b	δ_b	B	正态	3	$\frac{\delta_b}{3}$
		力值重复性	R_b	$\frac{R_b}{1.64}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}$
	标准测 力杠杆	力值误差	δ_b	δ_b	B	正态	3	$\frac{\delta_b}{3}$
		力值重复性	R_b	$\frac{R_b}{1.64}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}$
	标准 测力仪	力值重复性	R_b	$\frac{R_b}{1.64}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}$
		力长期稳定度	S_b	$\frac{S_b}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{S_b}{2\sqrt{3}}$
		温度影响	S_t	$\frac{S_t}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{S_t}{2\sqrt{3}}$
	内插误差影响	I_p	I_p	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{I_p}{\sqrt{3}}$	
	滞后	H	H	B	三角	$\sqrt{6}$	$\frac{H}{\sqrt{6}}$	

表中： ΔR ——测力机示值的极差。

3.3 标准不确定度分量 $u^2(F)$ 根据使用不同的力标准器分别评定

3.3.1 使用标准测力砝码

$$u^2(F) = \left(\frac{\delta_b}{3}\right)^2 \quad (5)$$

3.3.2 使用标准测力杠杆

$$u^2(F) = \left(\frac{\delta_b}{3}\right)^2 + \left(\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 \quad (6)$$

3.3.3 使用标准测力仪

$$u^2(F) = \left(\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_t}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{I_p}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{H}{\sqrt{6}}\right)^2 \quad (7)$$

3.4 合成标准不确定度计算公式

3.4.1 使用标准测力砝码时计算公式

将公式 (4)、(5) 代入公式 (3) 即得

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_b}{3}\right)^2} \quad (8)$$

3.4.2 使用标准测力杠杆时计算公式

将公式 (4)、(6) 代入公式 (3) 即得

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_b}{3}\right)^2 + \left(\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}\right)^2} \quad (9)$$

3.4.3 使用标准测力仪时计算公式

将公式 (4)、(7) 代入公式 (3) 即得

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_t}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{I_p}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{H}{\sqrt{6}}\right)^2} \quad (10)$$

4 合成标准不确定度计算公式的应用条件

4.1 按照校准规范建议的技术要求选择标准测力砝码、标准测力杠杆作为力标准器并规定的环境条件使用时, 则可忽略力标准器本身的不确定度对校准结果的影响。

可简化合成标准不确定度公式 (8)、(9) 为

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (11)$$

4.2 选用百分表式标准测力仪作为力标准器且定度点与使用点重合时, 可略去内插误差影响 I_p 及滞后 H 引入的不确定度影响, 可简化合成标准不确定度计算公式 (10) 为

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_t}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (12)$$

4.3 对应变式测力仪一般不进行标准数据的温度修正, 可简化合成标准不确定度计算公式 (10) 为

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{R_b}{1.64\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{I_p}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{H}{\sqrt{6}}\right)^2} \quad (13)$$

5 扩展不确定度

5.1 扩展不确定度的计算

$$U = ku_c \quad (k=2) \quad (14)$$

一般给出 $k=2$ 时的扩展不确定度 U 。

5.2 相对扩展不确定度的计算

$$5.2.1 \quad U_{rel} = \frac{U}{F} \quad (k=2) \quad (15)$$

$$5.2.2 \quad U_{rel} = \frac{U}{F_N} \quad (k=2) \quad (16)$$

附录 B

校准报告内页格式 1

校 准 结 果

试验力 ()	实测示值 ()	不确定度 U ()	备注
			$\alpha =$
注意：此校准报告妥善保存，下次校准时须出示此证。			
			$(k = 2 \sim 3)$

校准内容以下结束

附录 C

校准报告内页格式 2

校 准 结 果

试验力 ()	重复性 (%或% FS)	示值误差 (%或% FS)	备注
			$\alpha =$
			$f_o =$
			$U = \% \text{ 或 } \% \text{ FS}$
			$(k = 2 \sim 3)$
注意：此校准报告妥善保存，下次校准时须出示此证。			

校准内容以下结束

附录 D

专用工作测力机校准记录

单位_____ 地址、电话_____ 联系人_____ 邮编_____ 日期_____

名称_____ 型号、规格_____ 编号_____ 状况新制/使用中/修理后 级别_____ 制造商_____

试验力 ()	进程示值 ()			均值 ()	进程误差 (%)	回程示值 ()	进回程差 (%)	不确定度 ()
	1	2	3					
备注：标准器： $n =$, $\alpha =$ % (), $f_0 =$ % (), 湿度 = %RH, 温度 $^{\circ}\text{C}$								

技术依据_____ 校准日期_____ 年 月 日 发给_____ 号校准报告, 校准_____ 校验_____