



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 144—2007

标 准 测 力 仪

Standard Dynamometers

2007—02—28 发布

2007—08—28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

标准测力仪检定规程

Verification Regulation of
Standard Dynamometers

JJG 144—2007
代替 JJG 144—1992

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2007 年 2 月 28 日批准，并自 2007 年 8 月 28 日起施行。

归口单位：全国力值硬度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

山东省计量科学研究院

中国测试技术研究院

参加起草单位：中国一航 304 所

吉林省计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

本规程委托全国力值硬度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

张智敏（中国计量科学研究院）

李万升（山东省计量科学研究院）

胡 刚（中国计量科学研究院）

林 海（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：

秦海峰（中国一航 304 所）

曲 卓（吉林省计量科学研究院）

张贵仁（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 计量性能要求	(1)
5 通用技术要求	(2)
6 计量器具控制	(2)
6.1 检定条件	(2)
6.2 检定项目和检定方法	(3)
6.3 检定结果的处理	(6)
6.4 分级规则	(6)
6.5 检定周期	(6)
附录 A 检定证书及检定结果通知书内页格式 1 (百分表式等标准测力仪)	(7)
附录 B 检定证书及检定结果通知书内页格式 2 (应变式等标准测力仪)	(8)
附录 C 标准测力仪检定记录 (0.1 级、0.3 级和 0.5 级标准测力仪)	(9)
附录 D 标准测力仪检定记录 (0.01 级、0.03 级和 0.05 级标准测力仪)	(10)

标准测力仪检定规程

1 范围

本规程适用于百分表式和应变式等标准测力仪（以下简称测力仪）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

GB/T 13634—2000 《试验机检验用测力仪的校准》

在使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

测力仪由力传感器（或测力环）及配套的指示装置组成。当力传感器（或测力环）受力时，力的大小由指示装置进行指示。

4 计量性能要求

测力仪的准确度级别划分及技术指标见表 1 所示。

表 1 标准测力仪的准确度级别划分及技术指标

级 别	技 术 指 标							
	x_l	$Z_r(\%FS)$	$R(\%)$	$S_b(\%)$	$\delta(\%)$	$v(\%)$	$I_p(\%)$	$E_p(\%)$
0.01	$20000r$	± 0.005	0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.03	± 0.01	0.02
0.03	$7000r$	± 0.015	0.03	± 0.03	± 0.03	± 0.09	± 0.03	0.06
0.05	$4000r$	± 0.025	0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.15	± 0.05	0.1
0.1	$2000r$	± 0.05	0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.3	± 0.1	——
0.3	$700r$	± 0.15	0.3	± 0.3	± 0.3	± 0.9	± 0.3	——
0.5	$400r$	± 0.25	0.5	± 0.5	± 0.5	± 1.5	± 0.5	——
说 明	x_l ——与测力仪测量下限对应的下限变形示值（或输出）； r ——测力仪指示装置的分辨力； Z_r ——回零差； R ——重复性； S_b ——长期稳定度； v ——进回程差； δ ——示值误差； I_p ——内插误差； E_p ——方位误差。 注：1. 进回程差和内插误差根据用户要求给出。 2. 当测力仪使用力值单位时，须考核测力仪示值误差指标，不需考核长期稳定度指标。 3. 当测力仪使用非力值单位时，须考核测力仪长期稳定度指标，不需考核示值误差指标。 4. 在有特殊要求时，允许给出表中两个级别之间的其他级别，即 0.02、0.2、0.4 三个非正式级别。0.02 级也有与其相对应的方位误差要求。							

5 通用技术要求

5.1 测力仪应有铭牌，铭牌上应标明测力仪名称、型号、规格、编号、制造厂等。

5.2 测力仪及其附件的表面应无影响技术性能的疵病。附件齐全，不准任意更换。

测力仪及其附件应稳固地安放在坚固的专用仪器箱中。

5.3 新制造的、经过调修的和使用不当的测力仪需进行两次定度。第一次定度后，将测力仪拆成运输时状态。两次定度的时间间隔一般为半年。

5.4 测力仪的其他有关技术特性应满足相应技术文件（如有关的国家标准、行业标准和出厂说明书等）的要求。

5.5 指示仪表的使用和替换

5.5.1 指示仪表应按出厂说明书和用户要求使用和调整。

5.5.2 力传感器和指示仪表应配套使用，一般不得随意更换。采用电测量方式的指示仪表，如确需更换，在满足下列条件时，指示仪表可由另一指示仪表替换而不必重新检定测力仪。

5.5.2.1 原指示仪表和替换指示仪表具有可溯源到国家基准且以电的基本单位（伏特、安培）给出校准结果的校准证书。替换指示仪表的校准范围不应小于与测力仪一起使用时的范围，其分辨力不应低于与测力仪一起使用时的分辨力。

5.5.2.2 替换指示仪表的量值单位和激励源的类型应分别与原指示仪表相同。

5.5.2.3 每个指示仪表（原指示仪表和替换指示仪表）的不确定度不应影响测力仪整个组合的不确定度。推荐替换指示仪表的不确定度不大于整个系统不确定度的 1/3。

5.6 指示仪表的分辨力

5.6.1 模拟式仪表

模拟式仪表标度盘上的刻线应均匀一致，指针宽度应近似等于刻线宽度。指示仪表的分辨力（ r ）应依据指针宽度与两相邻刻线中心间距（刻度间距）的比值来确定，推荐比值为 1/2、1/5、1/10。当刻度间距不小于 1.25mm 时，可估读 1/10 的标度盘分度值。

5.6.2 数字式仪表

测力仪在无载荷时，如果数字仪表的示值变化不大于一个增量，则分辨力为显示的最末位有效数字的一个增量；如果数字仪表的示值变化大于一个增量，则分辨力为示值变化范围的一半。

5.7 测力仪测量范围的最小值应不小于测量范围最大值的 2%。

6 计量器具控制

计量器具控制包括：首次检定、后续检定和使用中检验。

6.1 检定条件

6.1.1 环境条件

测力仪检定应在室温为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 80% 的条件下检定。在检定

过程中，室温变化不超过 1℃。

6.1.2 放置时间

测力仪在检定条件下应放置足够长的时间，保证其温度和检定条件下的温度相同并稳定。推荐测力仪的放置时间不少于 8 h（小时）。

6.1.3 检定时，周围应无影响检定结果的振动、冲击、电磁场及其他干扰源。

6.1.4 预热

检定前对应变式测力仪（或其他带有供电系统的测力仪）通电预热。预热时间应符合制造厂的规定。

注：制造厂未规定预热时间的测力仪，一般预热 30 min（分钟）至 1h。

6.1.5 加荷条件

6.1.5.1 测力仪的安装应保证其主轴线 and 力基（标）准机的加荷轴线相重合。

6.1.5.2 压向测力仪一般应带有上、下承压垫。测力仪的支承面和底面应平滑，不得有锈蚀、擦伤和杂物。

6.1.5.3 拉向测力仪的两端应使用合适的连接件，连接件应保证力基（标）准机能够安全地对测力仪施加轴向力。

6.1.6 检定用设备

检定各个级别标准测力仪的力基（标）准机或加荷装置的力值扩展不确定度原则上优于被检测力仪长期稳定度或示值误差指标的三倍。

6.2 检定项目和检定方法

6.2.1 测力仪的首次检定、后续检定和使用中检验项目见表 2。

表 2 测力仪检定项目表

序 号	检 定 项 目	首 次 检 定	后 续 检 定	使用中检验
1	外观	+	+	+
2	回零差	+	+	+
3	重复性	+	+	+
4	长期稳定度	—	* 1	—
5	示值误差	* 2	* 2	—
6	方位误差	* 3	* 3	—
7	进回程差	* 4	* 4	—
8	内插误差	* 4	* 4	—

注：表中“+”表示需检项目，“—”表示不需检项目，

* 1 表示当测力仪使用非力值单位时为需检项目；

* 2 表示当测力仪使用力值单位时为需检项目；

* 3 表示当测力仪为 0.01 级、0.03 级和 0.05 级时为需检项目（非正式级别 0.02 级也为需检项目）；

* 4 表示根据用户要求进行检定。

6.2.2 依据本规程第 5.1 条、5.2 条和 6.1.1 条进行检查。符合要求后, 再进行其余各条检查。

6.2.3 测力仪计量性能的检定

6.2.3.1 将测力仪安装调整成工作状态。

6.2.3.2 对百分表式测力仪, 将其指示装置调至零点 (或作为零点的起始位置); 对应变式等测力仪, 将其指示装置清零 (或记录零负荷时指示装置的读数值)。

6.2.3.3 加卸载荷应缓慢平稳, 不得有冲击和超载 (下同)。

6.2.3.4 对测力仪以给定方式预加至少 3 次额定负荷, 每次额定负荷的保持时间应为 30 s~1 min。每次预负荷被完全卸除之后, 等待回零至少 30 s, 检查指示装置的回零情况, 根据需要可重新调整零点。

6.2.3.5 检定的初级负荷一般为额定负荷的 10%~20%, 检定点应尽量均匀分布, 一般不少于 8 点。当检定值在满量程力值的 10% 以下时, 则应选用满量程力值 5% 和 2% 这 2 个检定点。

6.2.3.6 按负荷递增顺序逐点进行检定, 在每级负荷加到后, 保持一定时间 (通常取 30 s), 记录读数值, 直到额定负荷。根据送检单位的要求, 需要进行回程检定的测力仪按负荷递减顺序逐点进行回程值检定, 直至退回零负荷。至少保持 30 s 后读取零点读数值。需要时, 可重新调整指示装置的零点。

注: 对百分表式测力仪, 在百分表上读数时, 需用有弹性的小棒轻敲百分表的表面中部, 如轻敲前后示值不变, 则可不敲。

6.2.3.7 连续进行 6.2.3.6 步骤 3 遍。

6.2.3.8 对 0.01 级、0.03 和 0.05 级测力仪, 在完成 6.2.3.7 步骤后, 将测力仪绕其主轴线依次转到 120°、240°方位角位置上。若无法实现上述转角位置, 则允许采用下面位置: 0°、90°、180°、270°。每次转动后, 应预加额定负荷一次, 再进行 6.2.3.6 步骤 (不包括回程)。

6.2.3.9 拉压两用测力仪原则上按独立的拉向和压向两台测力仪处理。加荷方向改变时, 应在新的方向预加至少 3 次额定负荷。

6.2.4 测力仪有关技术指标的计算方法

6.2.4.1 回零差 Z_r

在 0°方位每个测量序列开始之前和完成之后记录零点输出值, 零点读数应在载荷完全卸除后约 30 s 进行。

$$Z_{rj} = \frac{X'_{0j} - X_{0j}}{X_{Nj}} \quad (1)$$

式中: j ——0°方位的测量序号;

Z_{rj} ——第 j 次测量序列的回零差;

X_{0j} ——第 j 次测量序列加力前指示装置读数;

X'_{0j} ——第 j 次测量序列卸力后指示装置读数；

X_{Nj} ——第 j 次测量序列额定负荷下指示装置读数。

回零差 Z_r 取所有测量序列中绝对值最大的回零差。

6.2.4.2 各检定点 0° 方位进程示值平均值 X 、回程示值平均值 X' 、各方位进程示值平均值 X_r 、示值重复性 R 、示值进回程差 v 和长期稳定度 S_b 按下述公式计算：

$$X = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (X_j - X_{j,0}) \quad (2)$$

$$X' = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 (X'_{0j} - X_{j,0}) \quad (3)$$

$$X_r = \frac{1}{3} (X_{0^\circ,1} + X_{120^\circ} + X_{240^\circ}) \quad (4)$$

$$R = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X} \times 100\% \quad (5)$$

$$v = \frac{X' - X}{X} \times 100\% \quad (6)$$

$$S_b = \frac{X_1 - X_2}{X_2} \times 100\% \quad (7)$$

式中： X_j, X'_{0j} ——分别为测力仪在 0° 方位时，第 j 次重复测量时进程读数与回程读数；

$X_{j,0}$ ——测力仪在第 j 次重复测量时，进程零负荷下读数；

X_r ——测力仪在 0° 方位的第一次进程示值与 120° 和 240° 方位的进程示值的平均值；

$X_{0^\circ,1}, X_{120^\circ}, X_{240^\circ}$ ——分别为测力仪在 0° 方位的第一次进程示值、 120° 和 240° 方位的进程示值；

$X_{\max}, X_{\min}$ ——分别为测力仪在 0° 方位时，3 次重复测量中进程示值的最大值和最小值；

X_1, X_2 ——分别为测力仪上次检定的进程示值平均值和本次检定的进程示值平均值。

注 1：根据式 (7) 计算测力仪长期稳定度指标时，如果前后两次检定时温度不同，应将测力仪的示值修正至相同的温度。测力仪示值温度修正公式按下式计算：

$$X_{t_2} = X_{t_1} [1 + k(t_2 - t_1)]$$

式中： X_{t_2}, X_{t_1} ——分别为测力仪在温度为 t_2 和 t_1 时的示值；

k ——测力仪的温度修正系数。

当百分表式测力仪的弹性体由合金钢含量不超过 7% 的钢材制造时， $k=0.00027/^\circ\text{C}$ 。当测力仪弹性体由其他材料制造或为电量输出的测力仪时， k 值应由测力仪制造厂提供或通过试验测定。

注 2：式 (7) 中 S_b 也可按下式计算：

$$S_b = S'_b - k(t_1 - t_2)$$

$$S'_b = \frac{X_{1, t_1} - X_{2, t_2}}{X_{2, t_2}}$$

式中： X_{1, t_1} ——测力仪在第一次检定时，温度为 t_1 时的示值；

X_{2, t_2} ——测力仪在第二次检定时，温度为 t_2 时的示值。

6.2.4.3 示值误差

对于使用力值单位的测力仪，0.1 级、0.3 级和 0.5 级（包括非正式级别 0.2 级和 0.4 级）测力仪的示值误差按式（8）计算；0.01 级、0.03 级和 0.05 级（包括非正式级别 0.02 级）测力仪的示值误差由式（9）计算：

$$\delta = \frac{X - X_s}{X_s} \times 100\% \quad (8)$$

$$\delta = \frac{X_r - X_s}{X_s} \times 100\% \quad (9)$$

式中： X_s ——施加的标准力值，N（kN 或 MN）。

6.2.4.4 内插误差 I_p

根据用户要求，由检定单位给出合适的校准方程，该方程可以是一次、二次或三次多项式方程。0.1 级、0.3 级和 0.5 级（包括非正式级别 0.2 级和 0.4 级）测力仪的内插误差按式（10）计算；0.01 级、0.03 级和 0.05 级（包括非正式级别 0.02 级）测力仪的内插误差按式（11）计算：

$$I_p = \frac{X_a - X}{X} \times 100\% \quad (10)$$

$$I_p = \frac{X_a - X_r}{X_r} \times 100\% \quad (11)$$

式中： X_a ——用校准方程求出的测力仪示值计算值。

6.2.4.5 方位误差 E_p

0.01 级、0.03 级和 0.05 级（包括非正式级别 0.02 级）测力仪各检定点的方位误差按下式计算：

$$E_p = \frac{X_{\phi_{\max}} - X_{\phi_{\min}}}{X_r} \times 100\% \quad (12)$$

式中： $X_{\phi_{\max}}$ 、 $X_{\phi_{\min}}$ ——分别为测力仪在 0° 方位的第一次进程示值与 120° 和 240° 方位的进程示值中的最大值和最小值。

6.3 检定结果的处理

按本规程的规定和要求，检定合格的测力仪发给检定证书，检定不合格的测力仪发给检定结果通知书，并注明不合格的项目。检定证书和检定结果通知书的内页格式见附录 A 和附录 B。

6.4 分级规则

6.4.1 通过检定从最大力值依次减到最小力值来确定测力仪的分级范围。分级范围的下限应为满足某准确度级别要求的最小力值。

6.4.2 测力仪的分级范围应至少覆盖到额定负荷的 50%~100%。

6.5 检定周期

测力仪的检定周期一般不超过一年。测力仪长期稳定度或示值误差的连续考核时间满一年或一年以上的，检定周期为一年；长期稳定度或示值误差的连续考核时间满半年而不足一年时，检定周期为半年；新测力仪的检定周期不超过两次检定的时间间隔。

附录 A

检定证书及检定结果通知书内页格式 1

(百分表式等标准测力仪)

A.1 检定证书内页格式

测量范围_____ 室温_____℃ 湿度_____ %RH 指示器号_____

负荷 (N, kN) (L, Y)	示 值	
	进 程	回 程
$Z_r(\%FS) = \quad ; \quad R(\%) = \quad ; \quad S_b(\%/月) = \quad ;$ $v(\%) = \quad ; \quad I_p(\%) = \quad ; \quad k(\%/^{\circ}C) = \quad ;$ 校准方程:		
标准设备: 标准设备的准确度级别: (注: 对基准机为不确定度) 检定依据:		

说明: 1. 在额定负荷下预压 (拉) 3 次。
2. 百分表安装应使其表盘与环体正面平行。
3. 将百分表压缩_____ mm 后大指针对零。
4. 读数前轻敲百分表的表面中部。
5. 下次送检时需带此证书。

A.2 检定结果通知书内页格式
要求同上, 指明不合格项目。

附录 B

检定证书及检定结果通知书内页格式 2

(应变式等标准测力仪)

B.1 检定证书内页格式

测量范围_____ 室 温 _____℃ 湿 度 _____%RH 指示装置 _____
通 道 _____ 激励电源 _____ 激励电压 _____

负 荷 (L, Y)	示 值	
	进 程	回 程

$Z_r(\%FS) =$; $R(\%) =$;
 $S_b(\%/月) (或 \delta(\%)) =$; $v(\%) =$;
 $E_p =$; $I_p(\%) =$; $k(\%/^{\circ}C) =$;
校准方程:

标准设备:
标准设备的准确度级别:
(注: 对基准机为不确定度)
检定依据:

说明: 1. 在额定负荷下预压 (拉) 3 次。
2. 下次送检时需带此证书。

B.2 检定结果通知书内页格式
要求同上, 指明不合格项目。

标准测力仪检定记录
(0.1级、0.3级和0.5级标准测力仪)

送检单位: _____ 制造厂: _____ 检定日期: _____
型号规格: _____ 出厂编号: _____ 室温: _____ °C 湿度: _____ %RH
指示仪表: _____ 通道: _____ 激励电源: _____ 激励电压: _____

负荷 (<i>L</i> , <i>Y</i>)	进 程 示 值				<i>R</i> (%)	<i>I_p</i> (%)	<i>S_b</i> (%/月) 或 <i>δ</i> (%)	回 程 示 值				<i>u</i> (%)	
	1	2	3	Δ				1	2	3	Δ		
外观检查: 回零差 <i>Z_r</i> (%FS): _____; 重复性 <i>R</i> (%): _____; 长期稳定度 <i>S_b</i> (%/月)或示值误差 <i>δ</i> (%): _____; 进回程差 <i>v</i> (%): _____%; 内插误差 <i>I_p</i> (%): _____; 校准方程: _____;													
标准设备: 标准设备的准确度级别: _____ 检测/校准依据: JJG 144—2007《标准测力仪检定规程》 (注: 对基准机为不确定度)													
结论: 经检定, 认为 _____, 允许作 _____ 级使用, 有效期 _____ 年, 发给 _____ 号证书。													

敲表。百分表压缩 _____ mm后, 大指针垂直对零。加预负荷 _____ 次, 每次到 _____。 检定员: _____ 核验员: _____

附录 D

标准测力仪检定记录 (0.01级、0.03级和0.05级标准测力仪)

第 页 共 页

送检单位: _____ 制造厂: _____ 检定日期: _____
型号规格: _____ 出厂编号: _____ 温度: _____ °C 湿度: _____ %RH
指示仪表: _____ 通道: _____ 激励电源: _____ 激励电压: _____

[illegible]