



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 391—2009

力 传 感 器

Force Transducers

2009—10—09 发布

2010—04—09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

力传感器检定规程

Verification Regulation of
Force Transducers

JJG 391—2009
代替 JJG 391—1985

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2009 年 10 月 9 日批准，并自 2010 年 4 月 9 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：北京长城计量测试技术研究所

中国计量科学研究院

参加起草单位：中国测试技术研究院

北京航天计量测试技术研究所

山东省计量科学研究院

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：

秦海峰（北京长城计量测试技术研究所）

张智敏（中国计量科学研究院）

王 磊（北京长城计量测试技术研究所）

参加起草人：

贺建平（中国测试技术研究院）

梅红伟（北京航天计量测试技术研究所）

李万升（山东省计量科学研究院）

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 符号及含义	(1)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观及附件	(3)
6.2 其他技术特性	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目和检定方法	(5)
7.3 检定结果的处理	(10)
7.4 检定周期	(10)
附录 A 力传感器检定证书内页格式	(11)
附录 B 力传感器检定结果通知书内页格式	(12)
附录 C 力传感器检定记录	(13)

力传感器检定规程

1 范围

本规程适用于应变式力传感器（以下简称力传感器）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

本规程引用下列文献：

GB/T 7665—2005 传感器通用术语

JJF 1011—2006 力值与硬度计量术语及定义

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 符号及含义

本规程使用的符号、单位与含义见表1。

表1 符号、单位与含义

符 号	单 位	含 义
Z	%FS	力传感器的零点输出
Z_d	%FS	力传感器的零点漂移
R	%FS	力传感器的重复性
L	%FS	力传感器的直线性
H	%FS	力传感器的滞后
C_p	%FS	力传感器的蠕变
C_r	%FS	力传感器的蠕变恢复
S_b	%FS/月	力传感器的长期稳定性
S_t	%FS/10K	力传感器的额定输出温度影响
Z_t	%FS/10K	力传感器的零点输出温度影响
θ_0	μV , mV , mV/V	预热完成后，力传感器的零点输出值
θ_f	μV , mV , mV/V	力传感器的额定输出值
F_n	N, kN	力传感器的额定负荷
$\theta_{0\max}$	μV , mV , mV/V	30min 内力传感器零点输出值的最大值
$\theta_{0\min}$	μV , mV , mV/V	30min 内力传感器零点输出值的最小值
$\theta_{f\varphi}$ ($\varphi=0^\circ$)	μV , mV , mV/V	0° 方位角时力传感器的额定输出值

表 1 (续)

符 号	单 位	含 义
m	—	检定循环的次数
θ_{fj}	μV , mV , mV/V	0° 方位角, 第 j 次测量时, 额定负荷时的输出读数
θ_{0j}	μV , mV , mV/V	0° 方位角, 第 j 次 ($j=1, 2, \dots, m$) 进程测量时, 零负荷时的输出读数
n	—	旋转角度的个数
$\theta_{f\varphi}$	μV , mV , mV/V	φ 方位角时力传感器的额定输出读数, 其中 φ 分别为 0° , 120° , 240° 或 0° , 90° , 180° , 270°
$\theta_{0\varphi}$	μV , mV , mV/V	φ 方位角时力传感器的零点输出读数, 其中 φ 分别为 0° , 120° , 240° 或 0° , 90° , 180° , 270°
$\Delta\theta_R$	μV , mV , mV/V	进程重复校准时各负荷点输出极差的最大值
$\Delta\theta_L$	μV , mV , mV/V	进程平均校准曲线与平均端点直线偏差的最大值
$\Delta\theta_H$	μV , mV , mV/V	回程平均校准曲线与进程平均校准曲线偏差的最大值
S	mV/V	力传感器的输出灵敏度
$\bar{V}$	V	力传感器加荷试验开始时和结束时激励电压测量值的平均值
S'	mV/V	力传感器上次检定时的输出灵敏度
Z_{th}, Z_{tl}	%FS	分别为上限温度和下限温度时的零点输出温度影响
T_h, T_s, T_l	$^\circ\text{C}$	分别为检定时的上限温度、标准检定温度和下限温度
$\theta_{0h}, \theta_{0s}, \theta_{0l}$	μV , mV , mV/V	分别为 T_h, T_s, T_l 相对应的零点输出的平均值
S_{th}, S_{tl}	%FS	分别为上限温度和下限温度时的额定输出温度影响
$\theta_{fh}, \theta_{fs}, \theta_{fl}$	μV , mV , mV/V	分别为 T_h, T_s, T_l 相对应的额定负荷下输出读数的平均值
备注	1. %FS——表示“%额定输出”, 即相对于额定输出的百分比 (以下同) 2. 传感器在检定时允许采用其他单位进行读数和计算	

4 概述

应变式力传感器通常通过弹性元件将力转换为应变, 然后通过电阻应变片组成的桥路输出电信号, 主要用于各种测量力值的场合, 如通过计算机控制测量材料力学性能的试验机及其他力测量设备等。

5 计量性能要求

力传感器的级别划分及主要技术指标如表 2 所示。

表 2 力传感器级别和各项允许误差

力传感器级别	给出稳定性指标时	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.3	0.5	1
	不给出稳定性指标时	0.01NS	0.02NS	0.03NS	0.05NS	0.1NS	0.3NS	0.5NS	1NS
最大允许误差	零点输出 (%FS)	± 2.0				± 5.0		± 10.0	
	零点漂移 (%FS)	0.005	0.01	0.015	0.025	0.05	0.15	0.25	0.5
	重复性 (%FS)	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.3	0.5	1.0
	直线度 (%FS)	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.05	± 0.1	± 0.3	± 0.5	± 1.0
	滞后 (%FS)	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.05	± 0.1	± 0.3	± 0.5	± 1.0
	长期稳定性 (%FS/月)	± 0.02	± 0.04	± 0.06	± 0.1	± 0.2	± 0.6	± 1.0	± 2.0
	蠕变蠕变恢复 (%FS)	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.05	± 0.1	± 0.3	± 0.5	± 1.0
	零点输出温度影响 (%FS/10K)	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.05	± 0.1	± 0.3	—	—
	额定输出温度影响 (%FS/10K)	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.05	± 0.1	± 0.3	—	—
备注	NS—表示未进行稳定性考核								

6 通用技术要求

6.1 外观及附件

- 6.1.1 力传感器一般应配备上、下承压垫等附件，附件应齐全，不应随意更换。
- 6.1.2 力传感器及其附件应稳固地放在量具的垫块中。
- 6.1.3 力传感器及其附件的表面不应有影响技术性能的弊病。
- 6.1.4 力传感器应有铭牌，铭牌上应有名称、型号、规格、准确度级别、制造厂名、出厂编号及日期等信息。

6.2 其他技术特性

力传感器其他有关技术特性（如灵敏度偏差、过负荷特性、非轴向负荷影响、固有频率、循环寿命、外磁场影响、抗振动性能、输入电阻、输出电阻、绝缘电阻、激励电压等）应满足相应技术文件（如有关的国家标准、部门标准、出厂说明书等）的要求。

7 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。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

- 1) 温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。
- 2) 相对湿度: 不大于 80%。
- 3) 大气压力: $(90 \sim 106) \text{ kPa}$ 。
- 4) 在检定力传感器的过程中, 环境温度的变化不得超过 1°C/h 。

注: 1 当使用条件与检定条件不一致时, 应注意由此引起的有关技术特性的偏差, 需要时应应对检定结果进行修正。

2 在大气压力变化可能明显影响力传感器零点输出的地方, 应注意大气压力变化。

7.1.2 检定时, 周围应无影响检定结果的振动、冲击、电磁场或其他干扰源。

7.1.3 放置时间

力传感器应在标准检定条件下放置足够长的时间, 保证其温度与标准检定条件的温度相同并稳定。推荐力传感器的放置时间不少于 8h。

7.1.4 连接及预热

检定前必须按照正确的接线方法将力传感器与激励及指示仪表器相连, 当使用外部激励电源时, 应在带负载 (即力传感器的输入端与激励电源连接) 的状态下调节激励电源, 将其输出电压调节到力传感器规定的激励电压, 并通电预热。预热时间应符合制造厂的规定。在各个部分稳定后, 方可进行检定。

注: 制造厂没有规定预热时间时, 力传感器、指示仪表、激励电源等一般预热半小时以上。

7.1.5 安装和加荷条件

7.1.5.1 使用任何加荷装置都必须保证加荷接触面的质量。

7.1.5.2 力传感器两端应配用具有合适结构和足够刚度的连接件, 与加荷装置连接的部位应平滑, 不得有锈蚀、擦伤及杂物。

7.1.5.3 力传感器的安装应保证力传感器的主轴线 and 加荷轴线相重合, 使倾斜负荷和偏心负荷的影响减到最小。

7.1.6 检定用标准器具

7.1.6.1 力基 (标) 准机

按照表 3 的要求选择合适的力基 (标) 准机。

表 3 力 (基) 标准机的准确度级别要求

力传感器准确度级别	力基 (标) 准机准确度级别
0.01/0.01NS	优于 0.01 级
0.02/0.02NS	不低于 0.01 级
0.03/0.03NS	
0.05/0.05NS	不低于 0.02 级
0.1/0.1NS	不低于 0.05 级
0.3/0.3NS	不低于 0.1 级
0.5/0.5NS	
1/1NS	

7.1.6.2 指示仪表

力传感器检定中使用的指示仪表（包括可向传感器提供激励电压的指示仪表）的相关技术指标，原则上应不超过被检力传感器相应技术指标的三分之一。

7.1.6.3 激励电源

力传感器检定中使用的激励电源输出电压的四小时稳定性，应不超过力传感器相应技术指标的五分之一。

7.1.6.4 恒温箱

恒温箱的温度调节范围不应小于力传感器的温度补偿范围。有效恒温区的温度波动度一般不应超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，温度均匀度一般不应大于 2°C 。

7.2 检定项目和检定方法

7.2.1 力传感器的首次检定、后续检定及使用中检验项目见表4。

表4 力传感器检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观及附件	+	+	+
其他技术特性	根据用户需要进行检定		
零点输出	+	+	+
零点漂移	+	+	—
重复性	+	+	+
直线度	+	+	+
滞后	+	+	+
灵敏度	+	+	+
长期稳定性	+	+	+
蠕变/蠕变恢复	根据用户需要进行检定	—	—
零点输出温度影响	根据用户需要进行检定		—
额定输出温度影响			—
注：+表示需检项目，—表示不需检项目。			

7.2.2 通用技术要求的检查

通过目测、手感等方法对6.1项进行检查，符合要求后再进行其他项目的检定。

需要时，根据相应技术文件（如有关的国家标准、部门标准、出厂说明书等）的要求，对6.2项进行检查。

7.2.3 按照7.1的要求检查各项检定条件。

7.2.4 零点输出和零点漂移的检定。

7.2.4.1 将力传感器安装调整到工作状态。按照本规程7.1.4的要求，对力传感器和

与其相连的电子仪器进行连接和预热。

7.2.4.2 需要时,重新对力传感器输入端的激励电压进行测量和调整。

7.2.4.3 记录力传感器的零点输出值 θ_0 ,按公式(1)进行力传感器的零点输出 Z 的计算。

$$Z = \frac{\theta_0}{\theta_f} \times 100\% \quad (1)$$

7.2.4.4 观察并记录力传感器在 30min 内的零点变化,按公式(2)进行力传感器的零点漂移 Z_d 的计算。

$$Z_d = \frac{\theta_{0\max} - \theta_{0\min}}{\theta_f} \times 100\% \quad (2)$$

7.2.5 重复性、直线度、滞后、长期稳定性的检定

7.2.5.1 将力传感器安装调整到工作状态。按照本规程第 7.1.4 条要求,对力传感器和与其相连的指示仪表和激励电源进行连接和预热。

7.2.5.2 需要时,重新对力传感器输入端的激励电压进行测量和调整,并根据需要调整指示仪表的零点。

7.2.5.3 对力传感器施加预负荷至少 3 次,每次额定负荷的保持时间应为 30s~1min。每次加荷至额定负荷后卸荷到零负荷,等待至少 30s。

7.2.5.4 卸除最后一次预负荷之后,等待 1min,根据需要,可对激励电压进行检测或调整,调整指示仪表的量程和零点,读取零点输出值。

7.2.5.5 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 5 点(不包括零负荷),推荐为 8 点,分别为额定负荷的 10%,20%,30%,40%,50%,60%,80%,100%。

7.2.5.6 逐级施加递增负荷,直到额定负荷。在每一级负荷加到后,保持一定时间,再读取输出值。负荷保持时间可取 5s、15s、30s 和 1min,推荐取 30s。在取其他时间时,应注明。

7.2.5.7 达到额定负荷后,逐级施加递减负荷。在每一级负荷退回后,保持一定时间,再读取输出值。负荷保持时间可取 5s、15s、30s 和 1min,推荐取 30s。在取其他时间时,应注明。

7.2.5.8 退回到零负荷,保持 1min,读取零点输出值。需要时,重新调整指示仪表的零点。

7.2.5.9 连续进行 7.2.5.6~7.2.5.8 步骤至少 3 次。

7.2.5.10 对于 0.01s 级、0.02s 级、0.03s 级和 0.05s 级力传感器,在完成 7.2.5.9 步骤后,将力传感器绕其主轴线依次转到 120°,240°方位角上,若无法实现上述转角位置,则允许采用下面的位置:0°,90°,180°,270°。每次转动后,应预加额定负荷 1 次,再对力传感器施加额定负荷 1 次,并记录各个方位下的额定负荷输出值,退回到零负荷。

7.2.5.11 根据上述检定结果,按公式(3)~公式(9)计算相应的技术指标(参见图 1)。

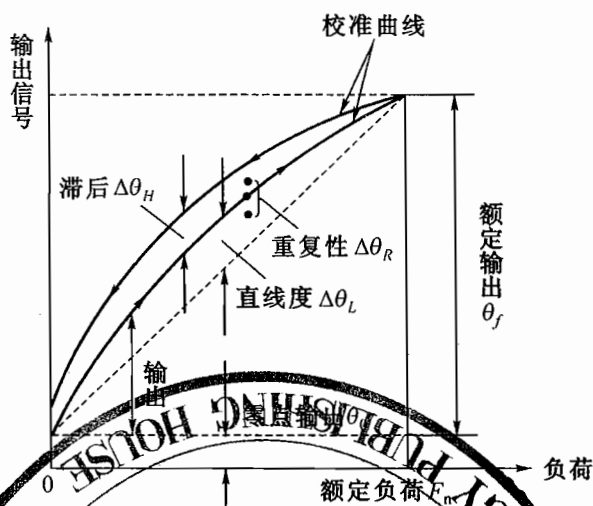


图 7.2.6.1 力传感器示意图

额定负荷下输出:
没有方位试验时

$$\theta_f = \theta_{f\varphi}(\varphi = 0^\circ) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\theta_{fi} - \theta_{0j}) \quad (3)$$

有方位试验时

$$\theta_f = \theta_{f\varphi}(\varphi = 0^\circ) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\theta_{fi} - \theta_{0\varphi}) \quad (4)$$

注：在有方位时， θ_f 的计算中 0° 方位角的额定输出值应为 0° 方位角第一次试验循环时额定负荷下的读数

重复性

$$R = \frac{\Delta\theta_R}{\theta_f} \times 100\% \quad (5)$$

直线度

$$L = \frac{\Delta\theta_L}{\theta_f} \times 100\% \quad (6)$$

滞后

$$H = \frac{\Delta\theta_H}{\theta_f} \times 100\% \quad (7)$$

输出灵敏度

$$S = \frac{\theta_f}{\sqrt{V}} \quad (8)$$

注：当配用的指示仪表直接以 $\sqrt{V}$ 为单位时，不必按公式 (8) 进行计算，可以直接引用额定负荷时仪表指示值作为力传感器的输出灵敏度。

长期稳定性

$$S_b = \frac{S' - S}{S} \times 100\% \quad (9)$$

7.2.6 蠕变，蠕变恢复的检定

7.2.6.1 将力传感器安装调整到工作状态。按照本规程第 7.1.4 条要求，对力传感器和与其相连的电子仪器进行连接和预热。

7.2.6.2 对力传感器施加预负荷 3 次，每次加荷至额定负荷后退到零负荷。如果施加预负荷对本检定结果有影响时，则不对力传感器施加预负荷，至少在检定前 24h 之内

不应施加任何负荷。

7.2.6.3 根据需要,可重新对力传感器输入端的激励电压进行测量和调整。

7.2.6.4 调整指示仪表的量程和零点,读取零点输出值。

7.2.6.5 尽快施加额定负荷(施加负荷时间不应超过 30s),加荷后立即(建议 5s~10s)读取输出值。而后在 30min 内按一定的时间间隔(一般不应超过 5min)依次读取其他额定负荷输出值。

7.2.6.6 尽快卸除额定负荷(卸荷时间一般不应超过 30s),负荷卸除后立即(建议 5s~10s)读取输出值。而后在 30min 内按一定的时间间隔(一般不应超过 5min)依次读取其他零负荷输出值。

7.2.6.7 根据上述检定结果,按公式(10)或(11)计算力传感器的蠕变或蠕变恢复(参见图 2)。在给出蠕变 C_p 时,应注明加荷时间(t_1-t_0)和第一次读数时间(t_2-t_1)。在给出蠕变恢复 C_r 时,应注明卸荷时间(t_4-t_3)和第一次读数时间(t_5-t_4)。

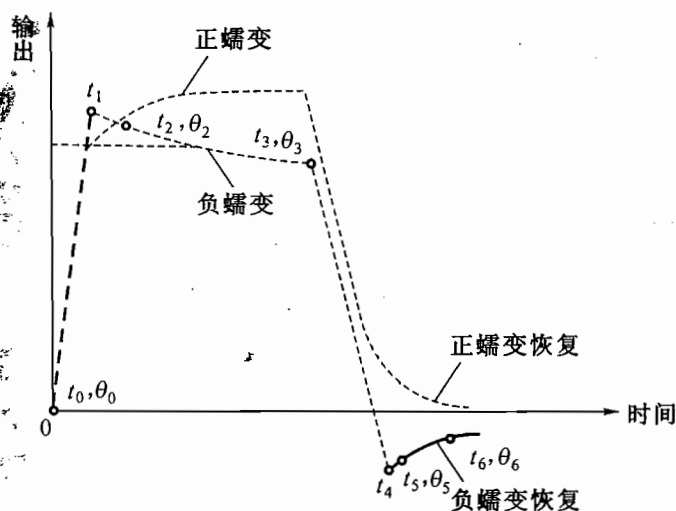


图 2 力传感器蠕变曲线示意图

t_1-t_0 ——从零负荷到额定负荷的时间;

t_2-t_1 ——从加到额定负荷到第一次读数的时间 (5~10s);

t_3-t_2 ——观测蠕变的时间 (30min);

t_4-t_3 ——卸除负荷的时间 (约等于 t_1-t_0);

t_5-t_4 ——从卸到零负荷到第一次读数的时间 (5~10s);

t_6-t_5 ——观测蠕变恢复的时间 (30min);

$\theta_0, \theta_2, \theta_3, \theta_5, \theta_6$ ——与时间 t_0, t_2, t_3, t_5, t_6 相对应的输出读数。

$$\text{蠕变} \quad C_p = \frac{\theta_2 - \theta_3}{\theta_f} \times 100\% \quad (10)$$

$$\text{蠕变恢复} \quad C_r = \frac{\theta_5 - \theta_6}{\theta_f} \times 100\% \quad (11)$$

7.2.7 零点输出温度影响和额定输出温度影响的检定

7.2.7.1 根据用户要求确定力传感器检定温度范围的下限和上限,若无特别说明时通常取 -10°C 和 40°C 分别作为下限温度和上限温度。

7.2.7.2 将力传感器（包括尽可能多的电缆线）放到力标准机的恒温箱中，并安装调试到工作状态。

7.2.7.3 施加预负荷 3 次，每次加荷至额定负荷后退到零负荷。

7.2.7.4 卸除最后一次预负荷之后，等待 1min，根据需要，可重新对力传感器输入端的激励电压进行测量和调整。调整指示仪表的量程和零点，读取零点输出值。

7.2.7.5 施加额定负荷，在额定负荷加到后，保持 30s，读取输出值。卸荷至零负荷，等待 1min，读取零点输出值。需要时，重新调整激励电压及指示仪表的零点，读取零点输出值。连续进行此步骤 3 次。

7.2.7.6 升高恒温箱的温度，直至力传感器检定温度范围的上限，在传感器温度充分稳定后，重复 7.2.7.3~7.2.7.5 步骤。

7.2.7.7 下降恒温箱的温度，直至力传感器检定温度范围的下限，在传感器温度充分稳定后，重复 7.2.7.3~7.2.7.5 步骤。

7.2.7.8 将恒温箱的温度恢复到实验室环境温度，待温度充分稳定后，重复 7.2.7.3~7.2.7.5 步骤。

7.2.7.9 根据上述检定结果，按公式（12）和公式（13）分别计算上限温度和下限温度时的零点输出温度影响，按公式（14）和公式（15）分别计算上限温度和下限温度时的额定输出温度影响。

零点输出温度影响：

$$Z_{th} = \frac{\frac{\theta_{0h} - \theta_{0s}}{\theta_f}}{\frac{T_h - T_s}{10}} \times 100\% \quad (12)$$

$$Z_{tl} = \frac{\frac{\theta_{0l} - \theta_{0s}}{\theta_f}}{\frac{T_l - T_s}{10}} \times 100\% \quad (13)$$

额定输出温度影响：

$$S_{th} = \frac{\frac{(\theta_{fh} - \theta_{0h}) - (\theta_{fs} - \theta_{0s})}{\theta_f}}{\frac{T_h - T_s}{10}} \times 100\% \quad (14)$$

$$S_{tl} = \frac{\frac{(\theta_{fl} - \theta_{0l}) - (\theta_{fs} - \theta_{0s})}{\theta_f}}{\frac{T_l - T_s}{10}} \times 100\% \quad (15)$$

7.2.7.10 检定结果处理时，取 Z_{th} 和 Z_{tl} 二者的绝对值较大者作为零点输出温度影响值 Z_t 。取 S_{th} 和 S_{tl} 二者的绝对值较大者作为额定输出温度影响值 S_t 。

7.2.7.11 在有条件时，将零点输出温度影响和额定输出温度影响分别进行检定为宜。

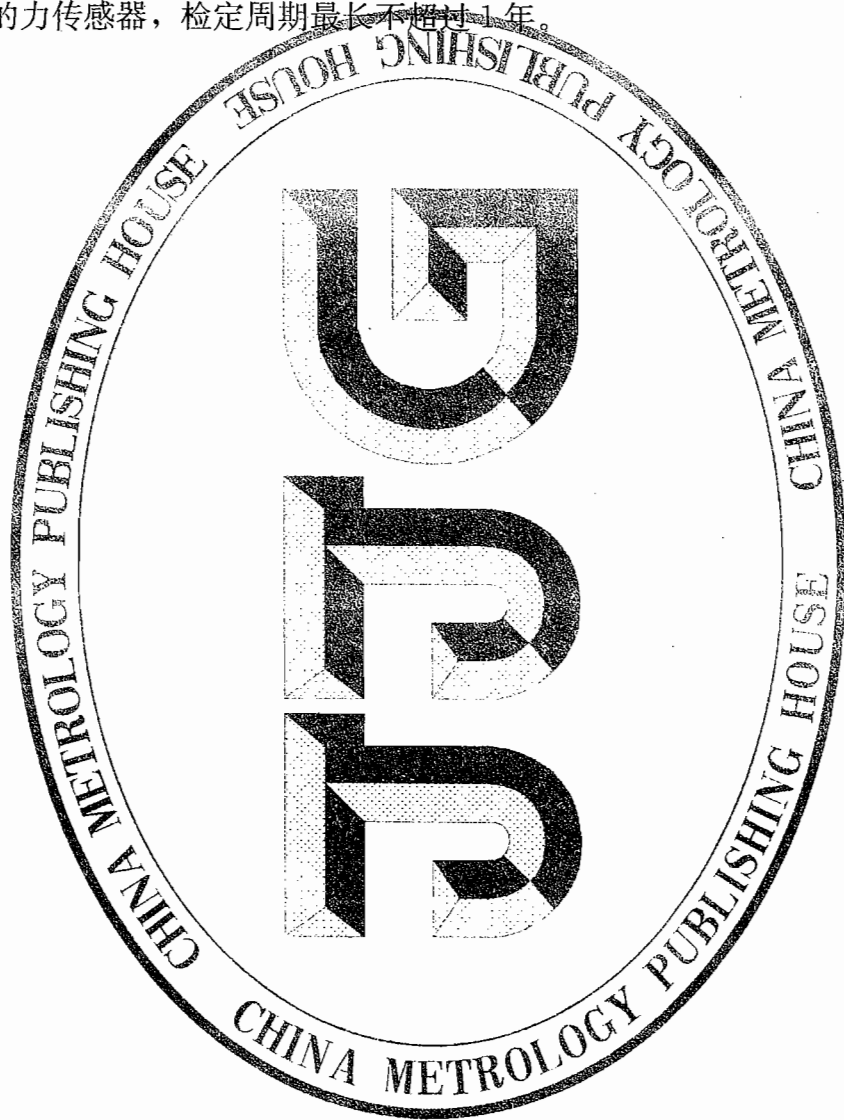
7.2.7.12 当遇到升降温前后得到的实验室环境温度下的检定结果不一致时，应分别用这两次的结果进行计算，取其绝对值较大者作为最后的相应温度影响指标。

7.3 检定结果的处理

按照检定规程的规定和要求，检定合格的力传感器发给检定证书；检定不合格的力传感器发给检定结果通知书，并注明不合格项目。

7.4 检定周期

力传感器检定周期根据其稳定度的考核情况，一般不超过1年。对于准确度级别中带“NS”符号的力传感器，检定周期最长不超过1年。





中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 769—2009

扭矩标准机

Torque Standard Machines

2009—10—09 发布

2010—04—09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

扭矩标准机检定规程

Verification Regulation of
Torque Standard Machines



本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2009 年 10 月 9 日批准，并自 2010 年 4 月 9 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

中船重工集团第七〇四研究所

中国航空工业第一集团公司北京长城计量测试技术研究所

参加起草单位：上海市计量测试技术研究院

昆山市创新科技检测仪器有限公司

深圳市计量质量检测研究院

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：

郭 斌（中国计量科学研究院）

李 涛（中船重工集团第七〇四研究所）

秦海峰（中国航空工业第一集团公司北京长城计量测试技术研究所）

参加起草人：

成 勇（上海市计量测试技术研究院）

陶泽成（昆山市创新科技检测仪器有限公司）

黄仕源（深圳市计量质量检测研究院）

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·····	(3)
6.1 检定条件·····	(3)
6.2 检定项目与检定方法·····	(3)
6.3 检定结果的处理·····	(6)
6.4 检定周期·····	(6)
附录 A 检定流程图示·····	(7)
附录 B 扭矩标准机检定证书内页格式·····	(8)
附录 C 扭矩标准机检定结果通知书内页格式·····	(9)
附录 D 扭矩标准机检定记录格式·····	(10)

扭矩标准机检定规程

1 范围

本规程适用于静重式和杠杆式扭矩标准机（以下简称扭矩标准机）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

本规程引用以下文献：

JJF 1011—2006《力值与硬度计量术语及定义》

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

扭矩标准机均以砝码的重力作为标准力值，直接或经过一定的杠杆机构放大后，通过力臂杠杆的作用产生标准力矩。

4 计量性能要求

4.1 扭矩标准机砝码质量和杠杆臂长最大允许误差的要求见表1。静重式扭矩标准机各级砝码质量按公式（1）计算，杠杆式扭矩标准机各级砝码质量按公式（2）计算。

表1 砝码质量和杠杆臂长最大允许误差的要求

准确度级别	砝码质量的最大允许误差（%）	杠杆臂长的最大允许误差（%）
0.03	±0.003	±0.01
0.05	±0.005	±0.015
0.1	±0.01	±0.03
0.3	±0.03	±0.1

$$m = \frac{M}{gL(1 - \rho_a/\rho_w)} \quad (1)$$

$$m = \frac{M}{gL(1 - \rho_a/\rho_w)/k} \quad (2)$$

式中：m——砝码质量，kg；

M——需产生的扭矩，Nm；

g——扭矩标准机安装地点的重力加速度，m/s²；

L——（主）杠杆臂长，m；

ρ_a ——空气密度，kg/m³；

ρ_w ——砝码材料密度, kg/m^3 ;

k ——杠杆放大比。

4.2 杠杆式扭矩标准机杠杆放大比的相对扩展不确定度 (包含因子 $k=2$) 应不大于 0.01%。

4.3 扭矩标准机固定轴头与活动轴头同轴度的要求见表 2。

表 2 固定轴头与活动轴头同轴度的要求

准确度级别	同轴度/mm
0.03	$\Phi 0.05$
0.05	$\Phi 0.1$
0.1	$\Phi 0.2$
0.3	$\Phi 0.2$
注: 测量范围 (有效长度) 大于 200mm。	

4.4 扭矩标准机杠杆初始水平度应不大于 0.3/1000。

4.5 扭矩标准机初负荷和最大负荷的灵敏限应不大于相应准确度级别对应扭矩值误差的 1/3。

4.6 扭矩标准机扭矩值重复性和扭矩值误差的要求见表 3。

表 3 扭矩值重复性和扭矩值误差的要求

准确度级别	扭矩值重复性 R (%)	扭矩值误差 δ (%)
0.03	0.03	± 0.03
0.05	0.05	± 0.05
0.1	0.1	± 0.1
0.3	0.3	± 0.3

5 通用技术要求

5.1 扭矩标准机应安装在稳固的基础上。周围环境应清洁、无振动、无腐蚀性气体。

5.2 扭矩标准机上应有铭牌, 清楚地标明名称、型号、规格、编号、出厂日期和制造厂等。

5.3 扭矩标准机电气控制应安全、可靠、灵活。数据测量、传输、计算、显示与打印系统应准确无误。

5.4 扭矩标准机的砝码不得有砂眼、锈蚀等缺陷, 砝码表面应清洁。砝码加卸应平稳, 不得有冲击和振动。已加砝码与未加砝码 (或机架) 之间不得有接触。

5.5 扭矩标准机的杠杆平衡指示应灵活、可靠。杠杆锁紧时, 平衡指示应为零。

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

扭矩标准机应在室温为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 80% 的条件下检定。在检定过程中，室温波动不大于 1°C 。

6.1.2 检定设备

6.1.2.1 千分表或百分表及磁性表座。

6.1.2.2 分度值不大于 0.05/1 000 的水平仪。

6.1.2.3 M_1 级或以上级别的毫克组、 M_3 级或以上级别的克组砝码。

注：对于不同等级砝码对应质量的允许误差参见 JJG 99—2006《砝码检定规程》。

6.1.2.4 检定扭矩标准机所需标准扭矩仪应在规定的扭矩测量范围内使用，其最小扭矩分度数 d 、重复性 R 、长期稳定度 S_b 见表 4 的要求。

表 4 标准扭矩仪技术要求

准确度级别	最小扭矩分度数 d	重复性 R (%)	长期稳定度 S_b (%)
0.03	30 000	0.01	± 0.015
0.05	20 000	0.02	± 0.025
0.1	10 000	0.03	± 0.05
0.3	3 000	0.1	± 0.15

6.2 检定项目与检定方法

6.2.1 首次检定时对砝码质量、杠杆臂长、杠杆比等的相关证书，以及当地重力加速度、砝码和空气密度的技术信息进行确认。

6.2.2 扭矩标准机的首次检定、后续检定和使用中检验项目见表 5。

表 5 标准扭矩机检定项目表

序 号	检定项目	首次检定和后续检定	使用中检验
1	外观	+	—
2	扭矩轴头同轴度	+	—
3	(主) 杠杆初始水平度	+	—
4	灵敏限	+	—
5	扭矩值重复性	+	+
6	扭矩值误差	+	+
注：表中“+”表示应检项目，“—”表示可不检项目。			

6.2.3 通过目测、手感等方法对第5条的技术要求进行检查。

6.2.4 扭矩轴头同轴度的检定

将两轴头相对距离调至大于200mm,把磁性表座吸在活动轴头上,千(百)分表杆测头分别垂直触在固定轴头的头部、中部以及根部上,各转动活动轴头一周,千(百)分表读数的最大变化应满足4.3的要求。

6.2.5 杠杆初始水平度的检定

6.2.5.1 检查(主)杠杆在锁紧状态与平衡状态下的位置,二者应无明显变化。

6.2.5.2 锁紧(主)杠杆,将水平仪置于杠杆水平基面上,所测得的水平度应满足4.4的要求。对于在施加标准扭矩过程中不存在交换砝码情况的扭矩标准机,可不检查6.2.5.1。对于本条的检定只需在(主)杠杆平衡状态下,将水平仪置于杠杆水平基面上检定即可。

6.2.6 灵敏限的检定

6.2.6.1 初负荷灵敏限。同时在杠杆两侧施加扭矩标准机的初负荷,记录平衡指示位置,在杠杆一端施加小砝码,直至平衡指示器有明显变化。记录所加砝码质量,按公式(3)计算初负荷灵敏限(以相对影响量的形式表示)。

$$S_1 = \frac{\Delta m_1}{m_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中: S_1 ——初负荷灵敏限;

Δm_1 ——测量初负荷灵敏限时,所加小砝码的质量;

m_1 ——初负荷对应的砝码质量。

6.2.6.2 最大负荷灵敏限。同时在杠杆两侧施加扭矩标准机的最大负荷,记录平衡指示位置,在杠杆一端施加小砝码,直至平衡指示器有明显变化。记录所加砝码质量,按公式(4)计算最大负荷灵敏限(以相对影响量的形式表示)。

$$S_2 = \frac{\Delta m_2}{m_2} \times 100\% \quad (4)$$

式中: S_2 ——最大负荷灵敏限;

Δm_2 ——测量最大负荷灵敏限时,所加小砝码的质量;

m_2 ——最大负荷对应的砝码质量。

注:在杠杆两侧施加负荷时,可将杠杆锁紧,并在杠杆两侧交替施加负荷,以保护杠杆、刀口及相关配件。

6.2.7 扭矩值重复性和扭矩值误差的检定

6.2.7.1 在检定0.03级和0.05级扭矩标准机前后,标准扭矩仪均应在扭矩基(标)准机上进行校准。

6.2.7.2 提前将标准扭矩仪及其联轴件放进扭矩标准机检定现场内,保证其温度与检定条件的温度相同且稳定。推荐放置时间不少于8h。

6.2.7.3 检定点的选取。扭矩标准机的检定点应包括检定范围的最小扭矩和最大扭矩,检定点尽量均匀选取,每一砝码组应不少于8级。

6.2.7.4 标准扭矩仪的读数时间应与标准扭矩仪在基(标)准机上检定时的相应

时间一致。

6.2.7.5 对标准扭矩仪安装于标准扭矩机的相对位置进行标记。

6.2.7.6 将标记好的标准扭矩仪正确地安装在扭矩标准机上，尽量使标准扭矩仪的轴线与标准机主轴线相重合。联轴件应采用挠性环节，配合良好，以减少寄生分量对扭矩值的影响。

6.2.7.7 检定方法和流程：先选取顺时针方向，按照下面的方法进行检定，完毕后，再采用相同的方法对逆时针方向进行检定。对于 0.03 级和 0.05 级扭矩标准机的检定采用方法 a)；对于 0.1 级 0.2 级扭矩标准机的检定采用方法 b)。检定流程见附录 A。

方法 a) 在标记好的标准扭矩仪安装位置上，对标准扭矩仪施加 3 次预负荷，第 3 次预负荷应按照检定点进行逐级施加。然后按照选定的检定点逐级平稳地施加扭矩，并依据读数时间读取相关数据。重复测量 2 次，再将标准扭矩仪旋转至下一位置，施加预负荷 1 次，至少测量 1 次。各级负荷扭矩值重复性 R 和扭矩值误差 δ 分别按公式 (5) 和公式 (6) 进行计算。

注：旋转角度的选取。以标准扭矩仪测量轴为中心，按照连接件外形，均匀选取 3~4 个测量角度点。一般为 $0^\circ, 120^\circ, 240^\circ$ 或 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 。

$$R = \frac{|X_1 - X_2|}{\bar{X}_0} \times 100\% \quad (5)$$

$$\delta = \frac{X_1 - \bar{X}_s}{\bar{X}_s} \times 100\% \quad (6)$$

式中： X_1, X_2 ——在本机同一负荷下，标准扭矩仪在 0° 位置上的第一次和第二次输出值；

$\bar{X}_0$ ——在本机同一负荷下，标准扭矩仪在 0° 位置上的输出平均值；

$\bar{X}_s$ ——在本机同一负荷下，标准扭矩仪在 0° 位置上第一次的输出与其他各角度输出的平均值；

X_s ——检定前和检定后标准扭矩仪在扭矩基（标）准机的相同负荷下，两次检定所得输出的平均值。

方法 b) 在标记好的标准扭矩仪安装位置上（ 0° ）对标准扭矩仪施加 3 次预负荷。然后按照选定的检定点逐级平稳地施加扭矩，并依据加载时间读取相关数据。重复测量 3 次。各级负荷扭矩值重复性 R 和扭矩值误差 δ 分别按公式 (7) 和公式 (8) 进行计算。

$$R = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}'} \times 100\% \quad (7)$$

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

式中： $X_{\max}, X_{\min}$ ——在本机同一负荷下，标准扭矩仪的输出最大值和最小值；

$\bar{X}'$ ——在本机同一负荷下，标准扭矩仪的输出平均值；

X'_s ——标准扭矩仪在扭矩基（标）准机的相同负荷下所得到的输出值。

6.3 检定结果的处理

按本规程检定合格的扭矩标准机发给检定证书。推荐在检定证书中给出扭矩值的扩展不确定度（包含因子 $k=2$ ）。对于检定不合格的扭矩标准机发给检定结果通知书，并注明不合格项目。

6.4 检定周期

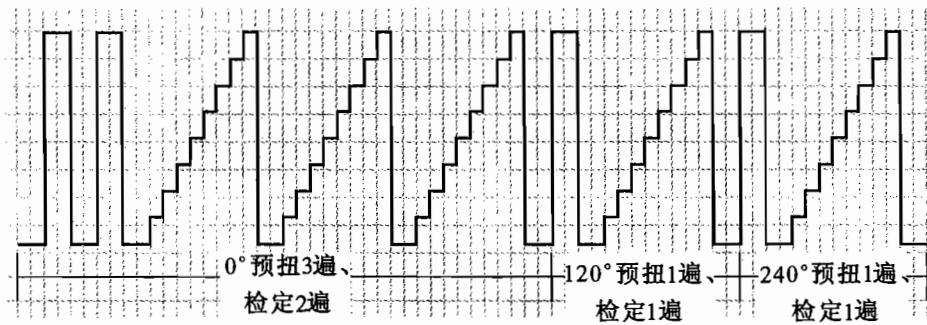
检定周期一般不超过 2 年。

附录 A

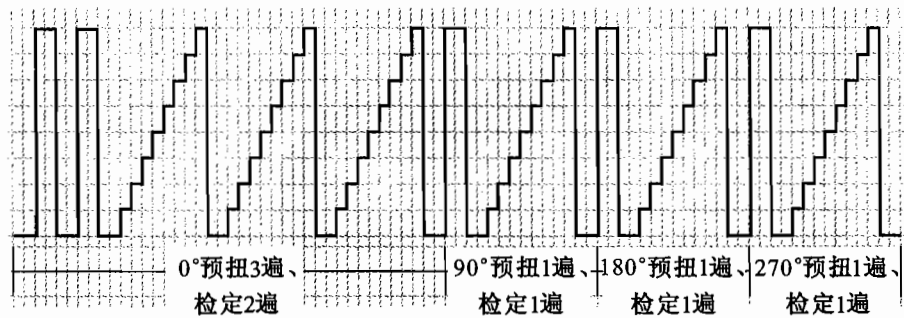
检定流程图示

A.1 方法 a) 的检定流程

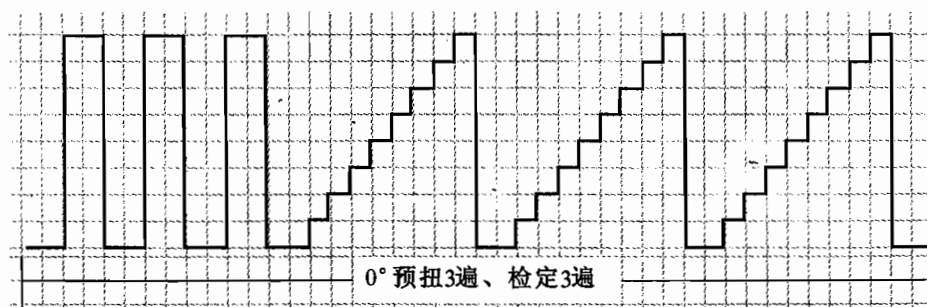
A.1.1 旋转三个角度的检定流程



A.1.2 旋转四个角度的检定流程



A.2 方法 b) 的检定流程



附录 B

扭矩标准机检定证书内页格式

检定结果

测量范围：() Nm

技术指标：

1	扭矩值重复性 $R/\%$
2	扭矩值误差 $\delta/\%$
3	扭矩轴头同轴度/mm
4	杠杆初始水平度
5	初负荷灵敏限/ $\%$
6	最大负荷灵敏限/ $\%$

(以下空白)

附录 C

扭矩标准机检定结果通知书内页格式

检定结果

测量范围：() Nm

技术指标：

1	扭矩值重复性 $R/\%$	
2	扭矩值误差 $\delta/\%$	
3	扭矩轴头同轴度/mm	
4	杠杆初始水平度	
5	初负荷灵敏限/ $\%$	
6	最大负荷灵敏限/ $\%$	

不合格项：

(以下空白)

扭矩标准机检定记录格式

送检单位 _____ 制造厂 _____ 标准扭矩传感器型号/编号 _____ 指示仪表型号/编号 _____

标准扭矩传感器型号/编号 _____ 技术依据 JJG 769—2009 温度 _____ °C 湿度 _____ %RH 检定日期 _____

[illegible]

检定/校准: