



中华人民共和国国家计量检定系统表

JJG 2047—2006

扭矩计量器具

Measuring Instruments for Torque

2006—12—08 发布

2007—06—08 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

扭矩计量器具检定系统表

Verification Scheme of Measuring

Instruments for Torque

JJG 2047—2006
代替 JJG 2047—1990

本检定系统表经国家质量监督检验检疫总局 2006 年 12 月 8 日批准，
并自 2007 年 6 月 8 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

中国航空第一集团三〇四研究所

参加起草单位：上海市计量测试技术研究院

中船重工集团第七〇四研究所

吉林省计量科学研究院

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：

郭 斌 （中国计量科学研究院）

秦海峰 （中国航空第一集团三〇四研究所）

蒋希明 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

肖 飞 （上海市计量测试技术研究院）

李 涛 （中船重工集团第七〇四研究所）

曲 卓 （吉林省计量科学研究院）

林 海 （中国计量科学研究院）

张 叶 （中国计量科学研究院）

吴 鲲 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 计量基准器具	(1)
2.1 扭矩国家基准	(1)
3 计量标准器具	(1)
3.1 扭矩标准装置	(2)
3.2 标准扭矩仪	(3)
3.3 扭矩扳子检定装置	(3)
4 工作计量器具	(4)
4.1 扭转试验机	(4)
4.2 扭矩扳子	(4)
4.3 其他扭矩仪	(4)
4.4 测功装置	(4)
4.5 转矩转速测量装置	(4)
4.6 其他转矩测量装置	(4)
5 扭矩计量器具检定系统框图	(4)
附录 A 系统 E_n 的计算	(6)

扭矩计量器具检定系统表

1 范围

本检定系统表适用于扭矩计量器具的检定和量值传递。它规定了扭矩国家基准的用途, 基准的计量学参数和借助于计量标准向工作计量器具传递扭矩单位量值的程序, 并指明其不确定度和基本检定方法等。在开展校准时, 也可作为量值溯源的依据。

2 计量基准器具

2.1 扭矩国家基准

扭矩国家基准主要承担扭矩量值的复现、保存和传递的工作, 是统一全国扭矩量值的最高依据。根据我国目前情况, 它们由 50 Nm、1 kNm 和 5 kNm 三台静重式扭矩基准机组成, 其主要技术数据见表 1。

表 1 扭矩基准机主要技术数据

基准机	扭矩扩展不确定度 ($k=3$)	扭矩值范围/Nm	最小扭矩/Nm
50 Nm	0.01 %	0.5~55	0.5
1 kNm	0.01 %	10~1090	10
5 kNm	0.01 %	50~5450	50

静重式扭矩基准机是以砝码的重力作为标准负荷, 通过力臂杠杆的作用产生标准扭矩, 借助适当的机构按预定顺序自动、平稳、准确地把作用力矩和平衡力矩施加到被检定的扭矩仪上的扭矩标准机。每台基准机均有大、小砝码各两组, 分列杠杆左、右侧, 可产生各级扭矩值相等, 正、反两个方向的扭矩。这种扭矩机的计量学性能取决于力值的不确定度、力臂的不确定度等。前者主要取决于砝码质量、安装地点的重力加速度、砝码材料密度和空气密度的测量不确定度以及砝码的加卸方式、机械结构和质量稳定度等。后者主要取决于杠杆长度的测量不确定度以及杠杆的构造、支撑结构、水平控制程度, 还与同轴度、加工工艺、安装质量等密切相关。

扭矩基准的量值复现主要溯源于质量、长度、时间基本量。可采用部件法, 通过不确定度分析和评估, 计算出其扩展不确定度。同时为了确保基准扭矩值与国际间的一致性, 基准应定期参加有关的国际比对。

3 计量标准器具

在整个扭矩检定系统中, 扭矩标准器可分为两类。第一类为产生 (或复现) 扭矩值的固定式标准器。目前以静重式结构标准机为主, 部分较大量程的机器采用杠杆式结构, 还有一些其他结构原理的标准装置。第二类为传递扭矩值的各种便携式标准器。此

类标准器按其测量原理可分为百分表式、应变式扭矩仪等。

3.1 扭矩标准装置

3.1.1 静重式扭矩标准机

目前国内已有的静重式扭矩标准机的扭矩值范围为 $0.5 \text{ Nm} \sim 5 \text{ kNm}$ ，准确度级别分别为 0.03 级、0.05 级和 0.1 级，扭矩值相对扩展不确定度 U_r 为 3×10^{-4} 、 5×10^{-4} 、 1×10^{-3} ，其包含因子 $k=2$ 。这类装置不确定度的影响因素与扭矩基准机相同。除对其进行不确定度分析评估外，还要用相应准确度等级的标准扭矩仪对其进行比对或检定。

对于 0.1 级的静重式扭矩标准机一般用准确度等级为 0.03 级的标准扭矩仪对其进行检定；或用 0.05 级的标准扭矩仪对其进行比对，但要考虑标准扭矩仪技术指标的影响。对于 0.03 级和 0.05 级的静重式扭矩标准机，除对其进行不确定度分析评估外，还要采用 0.03 级或更高准确度等级的标准扭矩仪同基准机进行量值比对。比对结果用系数 E_n 评定。若 E_n 小于 1，则两台扭矩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。

3.1.2 杠杆式扭矩标准机

以砝码的重力作为标准负荷，经过一定的杠杆机构放大后，再通过力臂杠杆的作用产生标准扭矩，借助适当的机构按预定顺序自动、平稳、准确地把作用力矩和平衡力矩施加到被检定的扭矩仪上的扭矩标准机。

目前我国有一台此类型标准机，其扭矩值范围为 $(0.5 \sim 50) \text{ kNm}$ ，杠杆比为 10:1。扭矩值相对扩展不确定度 U_r 为 5×10^{-4} ，包含因子 $k=2$ 。这类机器可以获得较大量程的扭矩值。其不确定度的影响因素除与静重式扭矩标准机相同外，还应考虑杠杆放大比、杠杆的构造与组合情况、刀刃与刀承的构造以及加工工艺和安装质量等因素的影响。这种装置一般采用部件检定法，直接向基本量进行溯源，通过测量和计算确定它们的扭矩值扩展不确定度。同时用相应准确度等级的标准扭矩仪对其进行检定或量值比对（说明：同国家基准或国际标准），检定或比对的数据作为不确定度分析和计算的验证。以此来保证其扭矩值的准确。

3.1.3 其他扭矩标准机

参考式扭矩标准机是用一个比被检定的扭矩仪准确度高的标准扭矩仪作为参考标准，与被检扭矩仪串联，以手动、或机械、或液压方式施加扭矩的扭矩标准机。

测力式扭矩标准机是施加到被检定的扭矩仪的扭矩值由其力矩杠杆的力臂长度与测力传感器测出的力值等因素确定的扭矩机。

扭矩值相对扩展不确定度 U_r 一般为 1×10^{-3} 、 3×10^{-3} ，包含因子 $k=2$ 。这类装置的不确定度的影响因素与标准扭矩仪、标准力传感器的技术指标（重复性、直线度、滞后和长期稳定度等），以及标准扭矩仪和被检扭矩仪的连接方式、连接质量等因素有关。标准扭矩仪和标准力传感器可用相应等级的扭矩和力值基、标准机进行检定。通过对整机进行不确定度分析和计算确定它们的扭矩值扩展不确定度，同时用相应准确度等级的标准扭矩仪进行检定，检定的数据纳入不确定度分析和计算。

3.1.4 扭矩校准杠杆

由力矩杠杆和标准砝码组成。

扭矩值相对扩展不确定度 U_r 一般为 1×10^{-3} , 3×10^{-3} , 包含因子 $k=2$ 。其杠杆长度和砝码质量分别直接溯源于长度和质量基本量。相对于建立扭矩标准机, 此系统有携带方便、操作简便、扭矩值范围灵活、经济等优点。但是整套系统的不确定度受诸如支撑结构、连接方式、摩擦力矩、杠杆水平度、加载速度等因素的影响较大, 且复现的扭矩值的重复性、稳定度以及可靠性不能予以有效的保证, 因此其扭矩值的准确度不会达到较高的等级。为了保证扭矩值传递的准确与可靠, 在进行不确定度验证时还必须采用相应等级的标准扭矩仪进行检定或与标准机进行量值比对。

3.2 标准扭矩仪

作为传递基(标)准扭矩值的扭矩仪按照其用途分为两类。一类是用于由基准向高准确度标准传递或比对的高准确度标准扭矩仪; 另一类是用于由高准确度标准向下一级标准或工作器具传递或比对用的标准扭矩仪。

根据目前标准扭矩仪的准确度水平, 作为基准扭矩值向标准扭矩值之间的传递和比对工具, 有三个主要技术指标, 一是重复性 R , 二是复现性 R_a (力位误差), 三是稳定度 S_b 。其准确度等级可分为二级: 0.03 级和 0.05 级。 R 指标优于 0.03% 和 0.05%; R_a 指标优于 0.03% 和 0.05%; S_b 指标优于 $\pm 0.03\%$ 和 $\pm 0.05\%$ 。

作为标准扭矩值向工作计量器具扭矩值的传递工具, 有两个主要技术指标, 一是重复性 R , 二是稳定度 S_b 。此类标准扭矩仪分为三级: 0.1 级、0.3 级和 0.5 级。 R 指标优于 0.1%、0.3% 和 0.5%; S_b 指标优于 $\pm 0.1\%$, $\pm 0.3\%$ 和 $\pm 0.5\%$ 。

3.3 扭矩扳子检定装置

产生标准扭矩的, 用于检定扭矩扳子的装置。

扭矩值范围为 0.1 Nm~5 kNm。扭矩值准确度级别分别为 0.3 级、0.5 级、1 级和 2 级。扭矩值相对扩展不确定度为 3×10^{-3} , 5×10^{-3} , 1×10^{-2} , 2×10^{-2} , 包含因子 $k=2$ 。

这类装置由于其专用性和特殊性, 往往形式各异, 种类繁多。但应尽量模拟扭矩扳子的使用实际情况予以设计和使用。采用标准扭矩仪的参考式扭矩扳子检定装置, 整装置的不确定度除需考虑标准扭矩仪的技术指标, 还需考虑联接及加载等因素。扭矩扳子检定装置的不确定度可参照相应结构的标准扭矩机进行评估。根据其结构应溯源于扭矩标准装置。

所有标准装置在本检定系统表规定的准确度级别和扭矩值范围内, 应向基准进行量值溯源。超出此范围(包括准确度级别和扭矩值范围)的, 除参照扭矩基准机采用部件法进行不确定度分析和计算外, 还需用相应等级的标准扭矩仪同国内外基/标准机进行量值比对。其他不同原理、不同结构、不同用途的扭矩标准装置均可参照以上的方法进行溯源。

4 工作计量器具

4.1 扭转试验机

该机主要用于金属等原材料的扭转性能的试验。准确度等级为 0.5 级和 1 级。0.5 级的扭转试验机可用 0.1 级以上的标准扭矩仪进行检定；1 级的扭转试验机可用 0.3 级以上的标准扭矩仪进行检定。有些扭转试验机也可用扭矩校准杠杆进行检定。

4.2 扭矩扳子

扭矩扳子是一种带有扭矩测量机构的拧紧计量器具。扭矩扳子按其准确度分为 7 个等级，1、2、3、4、5、6、10 级，可根据其不同的结构原理由相应准确度等级，相应结构原理的扭矩扳子检定装置进行检定。

4.3 其他扭矩仪

这里主要指在实际机械的扭矩测量中所使用的一系列不同原理、不同结构和不同准确度等级的扭矩传感器和扭矩仪，根据其量程和准确度的需要，用相应的扭矩标准装置或专用检定装置进行检定。

4.4 测功装置

这类装置是根据驱动机械（即原动机）或制动机械（即制动器）机体上作用的平衡力的大小来测量转矩的装置。它通常由主机、平衡支撑及平衡力测量机构三部分组成，并按三者的不同加以分类。平衡转矩的大小通过平衡力和力臂长度等的测量来确定。因此，二者的测量误差及平衡支撑摩擦力矩等是决定这类机器的转矩测量不确定度的主要因素。扭矩值示值误差 E 为 $\pm 0.2\%FS \sim \pm 1.0\%FS$ 。可以用相应准确度等级的标准扭矩仪检定，也可以用扭矩校准杠杆进行检定。

4.5 转矩转速测量装置

该装置由转矩转速传感器和转矩转速测量仪组成，主要用于测量发动机、电机等的转矩和转速，并按功率函数式运算显示机械效率。静态扭矩值示值误差 E 为 $\pm 0.1\%FS \sim \pm 1.0\%FS$ 。该装置的静态扭矩值一般由扩展不确定度优于 3×10^{-4} ($k=2$) 的扭矩标准装置检定。

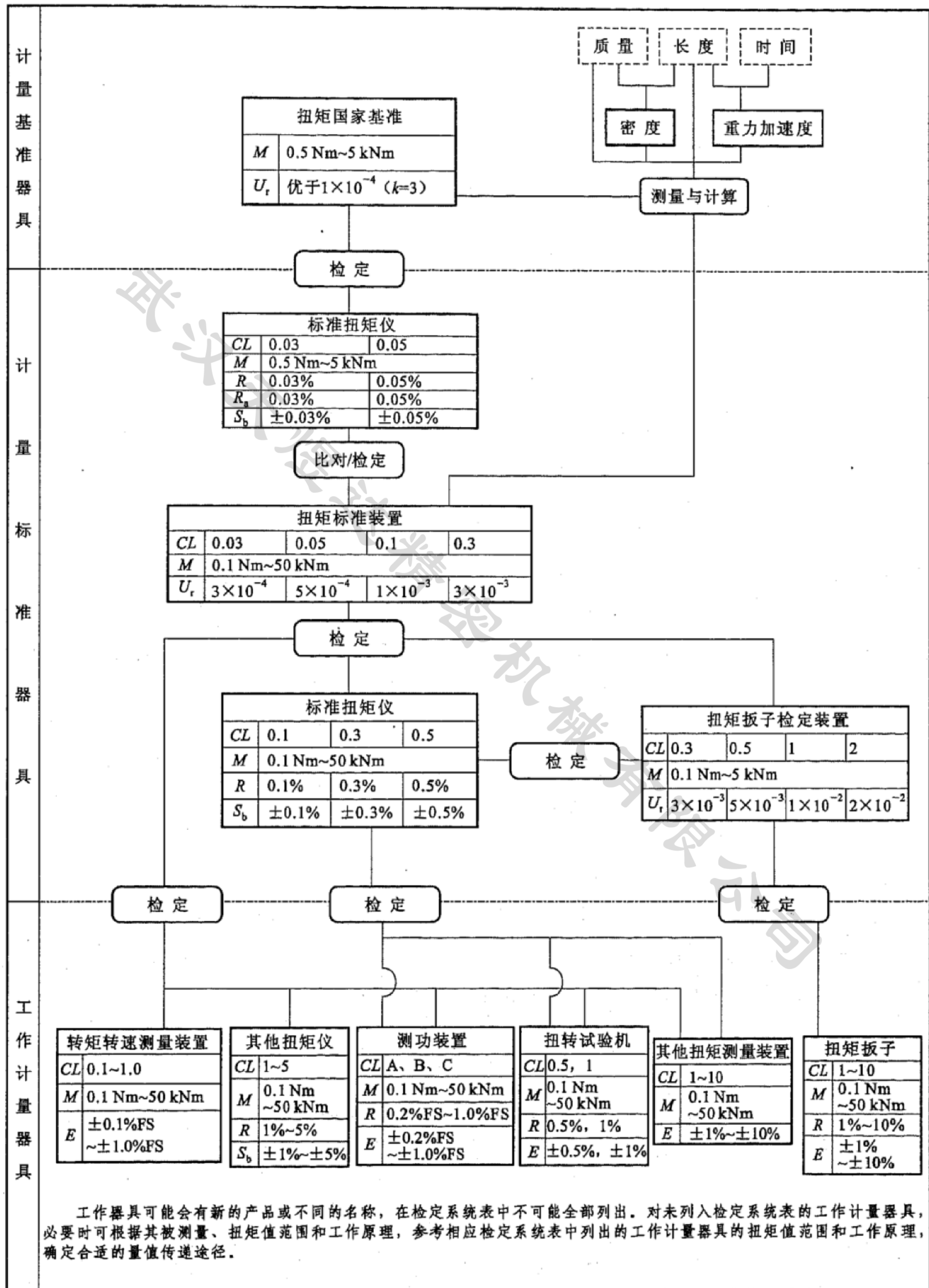
4.6 其他转矩测量装置

主要指在实际机械的转矩测量中所使用的一系列不同原理、不同结构、不同量程和不同准确度等级的转矩测量装置，根据其量程和准确度的需要，可用相应的标准扭矩仪、扭矩标准装置进行检定。如能量转换转矩测量装置是根据其他能量参数（如电能参数）测量转矩的装置。通常是根椐所测出的功率、转速、效率等来确定其转矩。为了确定相同工作情况下效率，常常在使用前由标准扭矩仪来确定其效率。

所有工作计量器具在本检定系统表规定的准确度级别和扭矩值范围内，应向基、标准进行量值溯源。超出此范围（包括准确度级别和扭矩值范围）的，除采用部件法进行不确定度分析和计算外，还需用相应等级的标准扭矩仪同基、标准机进行量值比对。其他不同原理、不同结构、不同用途的工作计量器具均可参照以上的方法进行溯源。

5 扭矩计量器具检定系统框图（见下图）

扭矩计量器具检定系统框图



符号说明： CL —级别； M —扭矩值范围； U_r —扭矩值相对扩展不确定度（未注明情况下，包含因子为2）； R —扭矩值重复性； S_b —扭矩值的稳定性（考核时间一般不少于3个月）； E —示值误差。

附录 A

系统 E_n 的计算

用比对法进行量值复现时, 测量结果的相对扩展不确定度按以下公式计算:

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

式中: u_{mac} ——本扭矩基准机的标准不确定度;

u_{rep} ——重复性带来的标准不确定度;

u_{repro} ——旋转效应带来的标准不确定度;

u_{res} ——指示仪表分辨率带来的标准不确定度;

u_{time} ——比对的两台扭矩机加载时间不同带来的标准不确定度;

u_{temp} ——参加比对的实验室温度不同带来的标准不确定度。

在比对试验中由于扭矩传感器输出信号漂移引起的不确定度为

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

式中: x_{pre}^A 、 x_{post}^A ——分别为前后两次在本扭矩基准机上的试验数据;

x_{mean}^A ——这两次数据的平均值。

在本扭矩基准机上测量结果的相对扩展不确定度用下式计算, 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: $u_{c,\text{pre}}$ 、 $u_{c,\text{post}}$ ——分别为前后两次在本扭矩基准机上试验时的相对标准不确定度。

两台扭矩机之间测量结果的相对偏差为

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

式中: x_{mean}^A ——前后两次在本扭矩基准机上试验时试验数据的平均值;

x_{mean}^B ——在比对扭矩机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:

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

式中: $U_{c,B}$ ——比对扭矩机上测量结果的相对扩展不确定度。

结果评价, 若 $E_n < 1$, 则两机的一致性在其不确定度范围内。

中华人民共和国
国家计量检定系统表
扭矩计量器具
JJG 2047—2006
国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲2号
邮政编码 100013
电话 (010)64275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张0.75 字数9千字
2007年2月第1版 2007年2月第1次印刷
印数1—2 000
统一书号 155026—2213 定价: 16.00 元