

0900755



中华人民共和国国家标准

GB/T 16825.1—2008/ISO 7500-1:2004
代替 GB/T 16825.1—2002

静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和（或）压力试验机 测力系统的检验与校准

Verification of static uniaxial testing machines—
Part 1: Tension/compression testing machines—
Verification and calibration of the force-measuring system

(ISO 7500-1:2004, Metallic materials—Verification of static uniaxial testing machines—Part 1: Tension/compression testing machines—
Verification and calibration of the force-measuring system, IDT)



2008-06-20 发布

2009-01-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
静力单轴试验机的检验
第 1 部分:拉力和(或)压力试验机
测力系统的检验与校准
GB/T 16825.1—2008/ISO 7500-1:2004

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

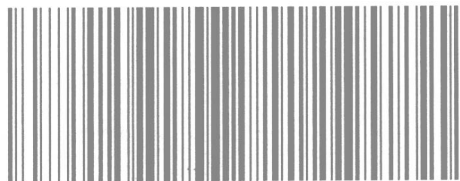
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 32 千字
2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月第一次印刷

*

书号:155066·1-33680 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 16825.1—2008

前 言

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

GB/T 16825《静力单轴试验机的检验》分为二个部分：

——第1部分：拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准；

——第2部分：拉力蠕变试验机 施加力的检验。

本部分为 GB/T 16825 的第1部分。

本部分等同采用 ISO 7500-1:2004《金属材料 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准》(英文第三版)。

为便于使用，本部分作了下列编辑性修改：

——修改了名称；

——删除 ISO 7500-1:2004 的前言；

——增加了国家标准的前言；

——直接引用与规范性引用文件相对应的我国国家标准；

——增加了在正文中提及附录 B、附录 C 和附录 D 的内容。

本部分代替 GB/T 16825.1—2002《静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准》。

本部分与 GB/T 16825.1—2002 相比主要变化如下：

——将“测力仪”一词改为“标准测力仪”(2002 年版的第2章；本版的第2章)；

——将“量程”一词改为“测力范围”(2002 年版的第6章；本版的第6章)；

——修改了示值回程相对误差的计算公式[2002 年版的公式(8)；本版的公式(8)]；

——修改了辅助装置应满足的要求[2002 年版的公式(6)、公式(7)；本版的公式(6)、公式(7)]；

——修改了两台标准测力仪测量同一力值点的一致性要求(2002 年版的 6.5.3；本版的 6.5.3)；

——增加了附录 D(资料性附录)测力系统校准结果的不确定度(本版的附录 D)。

本部分的附录 A 为规范性附录，附录 B、附录 C、附录 D 为资料性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本部分负责起草单位：长春试验机研究所。

本部分参加起草单位：威海市试验机制造有限公司、上海华龙测试仪器有限公司、浙江竞远机械设备有限公司、深圳市新三思材料检测有限公司、长春中联试验仪器有限公司。

本部分主要起草人：郭永祥、戚翠荣、张小康、贾莉蓓、雷庆安、邵春平。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 16825—1997；GB/T 16825.1—2002。

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号及其含义 1

5 试验机的一般检查 1

6 试验机测力系统的校准 2

6.1 总则 2

6.2 分辨力的判定 3

6.3 力指示装置相对分辨力的判定 3

6.4 校准程序 3

6.5 力指示装置的评定 5

7 试验机测力范围的分级 6

8 检验报告 6

8.1 一般规定 6

8.2 一般信息 6

8.3 检验结果 6

9 检验周期 7

附录 A (规范性附录) 试验机的一般检查 8

附录 B (资料性附录) 压力试验机压板的检查 9

附录 C (资料性附录) 试验机的另一分级方法 10

附录 D (资料性附录) 测力系统校准结果的不确定度 11

参考文献 14



静力单轴试验机的检验

第1部分:拉力和(或)压力试验机

测力系统的检验与校准

1 范围

GB/T 16825 的本部分规定了拉力和(或)压力试验机的检验方法。

检验包括:

- 试验机(包含施加力的附件)的一般检查;
- 测力系统的校准。

注: GB/T 16825 的本部分仅涉及测力系统的静态检验,其校准值未必适用于高速或动态试验。有关动态效应的更多信息参见“参考文献”。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 16825 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 13634 单轴试验机检验用标准测力仪的校准(GB/T 13634—2008,ISO 376:2004,Metallic materials—Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines,IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 16825 的本部分。

3.1

校准 calibration

在规定的条件下,为确定测量仪器或测量系统所指示的量值,或实物量具或参考物质所代表的量值,与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。

注1:校准结果既可给出被测量的示值,又可确定示值的修正值。

注2:校准也可确定其他计量特性,如影响量的作用。

注3:校准结果可以记录在校准证书或校准报告中。

[JJF 1001—1998,定义 8.11]

4 符号及其含义

表1中的符号适用于 GB/T 16825 的本部分。

5 试验机的一般检查

试验机只有处于良好工作状态才能对其进行检验。为此,校准试验机的测力系统以前应对试验机进行一般检查(见附录 A)。

注:按照计量活动的惯例,在维修或调整试验机之前需要进行一次校准。

6 试验机测力系统的校准

表 1 符号及其含义

符号	单位	含 义
a	%	试验机力指示装置的相对分辨力
b	%	试验机测力系统的示值重复性相对误差
f_0	%	试验机测力系统的零点相对误差
F	N	递增力时,标准测力仪指示的真实力
F'	N	递减力时,标准测力仪指示的真实力
F_c	N	在所使用的最小测力范围以递增力补充一组测量时,标准测力仪指示的真实力
F_i	N	递增力时,被检试验机力指示装置指示的力
F'_i	N	递减力时,被检试验机力指示装置指示的力
$\overline{F_i}, \overline{F}$	N	对同一力值点, F_i 和 F 几次测量的算术平均值
$F_{i\max}, F_{i\min}, F_{\max}, F_{\min}$	N	对同一力值点, F_i 或 F 的最大值或最小值
F_{ic}	N	在所使用的最小测力范围以递增力补充一组测量时,被检试验机力指示装置的读数
F_{i0}	N	卸除力以后,被检试验机力指示装置的残余示值
F_N	N	试验机力指示装置测量范围的最大容量
g_n	m/s ²	当地的重力加速度
q	%	试验机测力系统的示值相对误差
r	N	试验机力指示装置的分辨力
v	%	试验机测力系统的示值回程相对误差
ρ_{air}	kg/m ³	空气密度
ρ_m	kg/m ³	静重砝码的密度

6.1 总则

试验机使用的每个测力范围和配用的所有力指示装置均应进行校准。可能影响测力系统的辅助装置(如指针、记录仪),如果试验时使用的话,应按 6.4.6 进行检验。

如果试验机有若干测力系统,每个系统应视为单独的试验机。对于双活塞液压试验机也应按此处理。

均应使用标准测力仪进行校准,只有以下情况例外:当待检验的力比校准测力仪最小测量范围的下限值小,可使用已知质量的砝码进行校准。

校准同一测力范围需要使用一台以上标准测力仪时,施加到较小容量标准测力仪上的最大力与施加到下一个较大容量标准测力仪上的最小力应相同。如果使用一组已知质量的砝码,则应把该组砝码看作一台标准测力仪。

宜将指示力 F_i 作为定值进行校准。当此方法不方便时,可将真实力 F 作为定值进行校准。

注 1:可用缓慢递增的力进行校准。“定值”一词的含义是指三组测量中使用相同的 F_i (或 F)值(见 6.4.5)。

用于校准的标准测力仪应证明可溯源到法定计量单位的国家基准。

标准测力仪应满足 GB/T 13634 规定的要求。标准测力仪的级别应等于或优于被校准试验机的级别。在使用静重砝码情况下,由这些砝码产生的力的最大允许相对误差应为±0.1%。

注 2:公式(1)为由质量为 m (单位为千克)的砝码所产生的力 F (单位为牛顿)的准确计算公式:

$$F = mg_n \left[1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_m} \right] \dots\dots\dots (1)$$

该力也可用下面的近似公式(2)计算:

$$F = mg_n \dots\dots\dots (2)$$

力的相对误差可由公式(3)计算:

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g_n}{g_n} \dots\dots\dots (3)$$

6.2 分辨力的判定

6.2.1 模拟式标度

标度盘上的刻线应均匀一致,指针的宽度应近似等于刻线宽度。

指示装置的分辨力 *r* 应为指针宽度与两相邻刻线中心距(刻度间隔)的比值,推荐比值为 1 : 2、1 : 5 或 1 : 10,要测定到标度盘分度值的十分之一,要求刻度间隔不小于 2.5 mm。

6.2.2 数字式标度

在试验机的电动机和控制系统均启动、标准测力仪不受力的情况下,如果数字式指示装置的示值变动不大于一个增量,则认为其分辨力为一个增量。

6.2.3 读数变动

如果读数变动大于上述计算的分辨力值[在标准测力仪不受力、电动机和(或)驱动机构与控制系统均启动,可测出所有电噪声总和的情况下],则应认为分辨力 *r* 等于变动范围的一半加上一个增量。

注 1:这里判定的分辨力仅是由于系统噪声造成的分辨力,而未计入控制误差,如液压试验机的控制误差。

注 2:对于可自动变换测力范围的试验机,指示装置的分辨力随着系统分辨力或增益的变化而变化。

6.2.4 单位

分辨力 *r* 应以力的单位表示。

6.3 力指示装置相对分辨力的判定

首先要对力指示装置相对分辨力 *a* 进行判定,其定义见公式(4):

$$a = \frac{r}{F} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中:

r——6.2 中定义的分辨力;

F——设定点的力。

应判定每一校准点的相对分辨力,并且不应超过表 2 中与被检试验机级别相对应的规定值。

6.4 校准程序

6.4.1 标准测力仪的对中

在试验机上安装拉式标准测力仪时,应使任何弯曲效应减至最低程度(见 GB/T 13634)。为使压式标准测力仪对中,如果试验机上没有连接球座,则应在标准测力仪上安装一个带有球形螺帽的压垫。压力试验机压板的检查参见附录 B。

注:如果试验机有两个试验空间共用一个施加力的机构和指示装置,例如,上面试验空间的压力等于下面试验空间的拉力(反之亦然),则可以只对一个试验空间进行校准。证书上宜予以相应的说明。

6.4.2 温度调整

应在 10℃~35℃室温下进行校准。校准时的温度应记录在校准报告中。

标准测力仪应放置足够的时间使其达到稳定的温度。在每次校准操作过程中,标准测力仪的温度应稳定在±2℃以内,必要时,应对读数进行温度修正(见 GB/T 13634)。

6.4.3 试验机的工作状态调整

试验机连同安装好的标准测力仪应从零开始至少施加三次待测量的最大力。

6.4.4 校准方法

宜采用如下方法:对试验机施加由其力指示装置指示的给定力 *F_i*,记录标准测力仪指示的真实

力 F 。

如果不能采用上述方法,则对试验机施加由标准测力仪指示的真实力 F ,记录被检试验机力指示装置指示的力 F_i 。

6.4.5 力的施加

应以递增力进行三组测量。对于不连续施加力且不多于五个力值的试验机,每个力的相对误差均不应超过表 2 给出的相应级别的规定值。对于施加多于五个力值的试验机,每组测量应至少有五个力值点,并在每个校准范围的 20%~100% 范围内近似等间隔分布。

如果对低于测力范围 20% 的力进行校准,还应选择近似等于测力范围 10%、5%、2%、1%、0.5%、0.2% 和 0.1% 直到校准下限的力值点进行测量。

注 1:测力范围的下限用分辨力 r 的倍数确定:

- 0.5 级: $400 \times r$;
- 1 级: $200 \times r$;
- 2 级: $100 \times r$;
- 3 级: $67 \times r$ 。

对于带有自动变换测力范围指示装置的试验机,应在每一分辨力不变化的范围内至少施加两个力。

注 2: 每组测量以前,可将标准测力仪转位 120° ,并进行预加力的操作。

应计算每个力三次测量的算术平均值。由这些平均值计算试验机测力系统的示值相对误差和示值重复性相对误差(见 6.5)。

每组测量前应调整零点。零点读数应在力完全卸除约 30 s 后读取。对于模拟式指示装置,应检查指针是否在零点附近自由平衡,如果使用数字式指示装置,还应检查一旦低于零点是否立即指示出来,例如通过符号指示器(十或一)显示。

应按公式(5)计算并记录每组测量的零点相对误差:

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_N} \times 100$$

.....(5)

6.4.6 辅助装置的检验

应根据是否常用机械辅助装置(指针、记录仪)的情况,选择下述一种方法检验辅助装置的工作状态和摩擦阻力:

- a) 常用辅助装置的试验机:应连接辅助装置,在所使用的每一测力范围以递增力(见 6.4.5)进行三组测量。不连接辅助装置,在所使用的最小测力范围以递增力补充一组测量。
- b) 不常用辅助装置的试验机:应不连接辅助装置,在所使用的每一测力范围以递增力(见 6.4.5)进行三组测量。连接辅助装置,在所使用最小测力范围以递增力补充一组测量。

在上述两种情况下,示值相对误差 q 应使用常规的三组测量值计算,示值重复性相对误差 b 应使用四组测量值计算。计算出的 b 和 q 的值应符合表 2 中相应级别的规定,并应满足公式(6)或公式(7)规定的条件:

——以试验机指示的力为定值进行校准时:

$$100 \left| \frac{F_i - F_c}{F_c} \right| < 1.5 | q |$$

.....(6)

——以标准测力仪指示的真实力为定值进行校准时:

$$100 \left| \frac{F_{ic} - F}{F} \right| < 1.5 | q |$$

.....(7)

注: 公式中的 q 值是表 2 中给出的相应级别的最大允许值。

6.4.7 活塞位置效应的检验

对于利用液压传动装置施加试验力的液压式试验机,在所用的最小测力范围进行三组测量期间(见 6.4.5),应检验活塞处于不同位置时产生的影响。活塞在各组测量中的位置应各不相同。

注: 对于双活塞液压式试验机,有必要视为两个活塞。

6.4.8 示值进回程相对误差的测定

需要时,应对同一力值点先以递增力,再以递减力进行校准来测定示值进回程相对误差 v 。在此情况下,试验机还应以递减力进行校准。

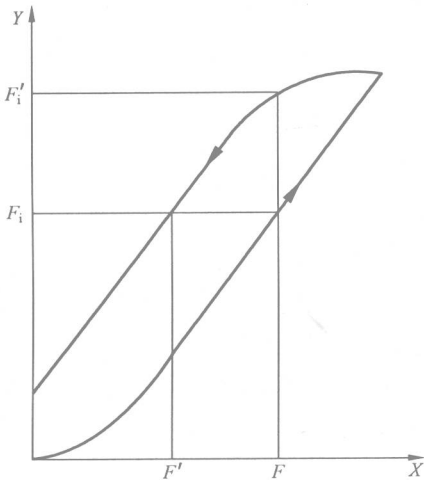
根据同一力值点在递增力和递减力时所得到的差值(见图 1),按公式(8)计算示值进回程相对误差:

$$v = \frac{F - F'}{\bar{F}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (8)$$

或者,以标准测力仪指示的真实力为定值进行校准的特殊情况下按公式(9)计算该误差:

$$v = \frac{F'_i - F_i}{F} \times 100 \quad \dots\dots\dots (9)$$

示值进回程相对误差应在试验机最小和最大测力范围上测定。



X——真实力;
Y——力指示装置上力的读数。

图 1 测定力的进回程差示意图

6.5 力指示装置的评定

6.5.1 示值相对误差

用真实力平均值 $\bar{F}$ 的百分比表示的示值相对误差按公式(10)计算:

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (10)$$

对于以标准测力仪指示的真实力为定值进行校准的特殊情况,示值相对误差按公式(11)计算:

$$q = \frac{\bar{F}_i - F}{F} \times 100 \quad \dots\dots\dots (11)$$

6.5.2 示值重复性相对误差

对于每一力值点,示值重复性相对误差 b 为所测量的最大值和最小值之差与平均值的百分比,按公式(12)计算:

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (12)$$

对于以标准测力仪指示的真实力为定值进行校准的特殊情况,示值重复性相对误差按公式(13)计算:

$$b = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F} \times 100 \quad \dots\dots\dots (13)$$

6.5.3 两台标准测力仪的一致性

校准同一测力范围需要使用两台标准测力仪并且对两台标准测力仪分别施加同一标称力时

(见 6.1),两台标准测力仪在同一力值点测得的示值相对误差的差值应小于表 2 中试验机相应级别规定的示值重复性相对误差值的 1.5 倍,即 $q_1 - q_2 < 1.5b$ 。

7 试验机测力范围的分级

表 2 给出了测力系统的各种相对误差和力指示装置相对分辨力的最大允许值,并以这些值来划分试验机测力范围的相应级别。

试验机的另一分级方法参见附录 C。测力系统校准结果的不确定度参见附录 D。

只要至少为标称范围的 20%~100%的测量范围检验是合格的,应认为力指示装置的测量范围是合格的。

表 2 测力系统特性值

试验机测量 范围的级别	最大允许值 %				
	示值相对误差 q	重复性相对误差 b	进回程相对误差 ^a v	零点相对误差 f_0	相对分辨力 a
0.5	±0.5	0.5	±0.75	±0.05	0.25
1	±1.0	1.0	±1.5	±0.1	0.5
2	±2.0	2.0	±3.0	±0.2	1.0
3	±3.0	3.0	±4.5	±0.3	1.5
^a 按 6.4.8 规定,示值进回程相对误差仅在需要时测定。					

8 检验报告

8.1 一般规定

检验报告应至少包括下列内容。

8.2 一般信息

- a) 注明依据 GB/T 16825 的本部分(即 GB/T 16825.1—2008);
- b) 试验机的标识 [制造者、型号、制造日期(如果已知)、编号],需要时,还应包括力指示装置的标识(标志、型号、编号);
- c) 试验机的安装地点;
- d) 所用标准测力仪的型号、级别和编号,校准证书编号和该证书的有效期;
- e) 校准温度;
- f) 检验日期;
- g) 检验机构名称或标志。

8.3 检验结果

检验结果应包括:

- a) 在一般检查过程中发现的任何异常情况。
- b) 给出每个测力系统的校准方式[拉、压、拉和(或)压]、每个被校准测力范围的级别。如果需要,给出各力值点的示值相对误差、示值重复性相对误差、示值进回程相对误差、零点相对误差和分辨力。
- c) 评定的各测力范围下限。

9 检验周期

两次检验的时间间隔依据试验机的类型、维护水平和使用量而定。除非另有规定,建议检验周期不超过 12 个月。

若试验机被拆卸搬运到新地点或大修、调整后,均应对其进行检验。

附 录 A
(规范性附录)
试验机的一般检查

A.1 总则

校准测力系统以前,应对试验机进行一般检查(见第5章),一般检查应包括下述内容。

A.2 观测检查

观测检查应确认:

- a) 试验机处于良好的工作状态并且不受某些不利情况的影响,如:
 - 移动横梁或夹头的导向部件有明显的磨损或故障;
 - 立柱的安装和固定横梁出现松动;
- b) 试验机不受环境条件(振动、电源干扰、腐蚀效应、局部温度变化等)的影响;
- c) 若使用可变换质量的摆锤测力装置,各个质量要能正确地识别。

A.3 试验机结构的检查

应检查试验机的结构和夹持系统以确保它们沿轴线施加力。

A.4 横梁驱动机构的检查

应检查移动横梁驱动机构是否能均匀平稳地施加力,并能使各个力达到足够的准确度。

注:驱动机构宜能实现测定规定的力学性能所要求的试样变形速率。

附录 B

(资料性附录)

压力试验机压板的检查

压板既可永久地安装在试验机上,也可以是试验机的专用附件。

宜按试验机的技术要求检查压板是否实现其功能。

除非相关的试验方法标准另有规定,压板的平面度在测量范围内宜为 0.01 mm/100 mm。

钢制压板的硬度不宜低于 55 HRC。

对弯曲应力敏感的试样进行试验的试验机,宜检查带有球头和球座的上压板,在不受力的状态下是否近似无间隙并且能够容易调整到约 3° 角。



附录 C
(资料性附录)
试验机的另一分级方法

试验机的这一分级方法基于所有值(不只是平均值)都在某一确定极限以内的总误差概念。

试验机示值误差定义为试验机施加或指示力的百分率。使用表 1 中的符号,示值相对误差按公式(C.1)计算:

$$q = \frac{F_i - F}{F} \times 100 \quad \text{..... (C. 1)}$$

重复性误差采用国际法制计量组织(OIML)词汇中关于重复性的定义,在该定义中,只有一个要改变的量,该量是施加另一个近似相等的力。因此,试验机示值相对误差的重复性由施加一个力以后再施加另一个与其近似相等的力来计算。建议施加两个近似相等的力来计算重复性,由两个力的示值相对误差的代数差算出重复性(见公式 C.2):

$$b = | q_1 - q_2 | \quad \text{..... (C. 2)}$$

式中: q_1 和 q_2 分别为两个力的示值相对误差。

由于第二次施加力时状态不必完全与第一次施加力时相同,故与操作者技巧或试验机控制参数有关的因素不会影响示值相对误差的重复性。

表 2 给出的试验机级别不改变,只是计算示值相对误差和示值重复性相对误差的方法改变了。使用这种方法容易实现校准过程的自动化。

注:如果采用这种方法,宜在校准报告中注明。

附录 D
(资料性附录)
测力系统校准结果的不确定度

D.1 引言

对试验机进行校准时,利用规定的极限值或者读数值可以计算测力系统的不确定度。详细计算方法如下所述。

一般地说,将校准时得到的示值相对误差当作已知的固有误差是不进行修正的,如果示值相对误差在表 2 规定的范围内,则合理地期望估计的相对误差 E 在某一区间内,即 $E=q\pm U$, q 是 6.5.1 定义的示值相对误差, U 为扩展不确定度^[3]。

D.2 递增力

D.2.1 平均相对误差的估计

试验机指示力的平均相对误差的最佳估计值是示值相对误差 q 。与该平均相对误差的最佳估计值相联系的是扩展不确定度 U ,按公式(D.1)计算。

$$U = k \times u_c = k \times \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

k ——包含因子;

u_c ——合成标准不确定度;

$u_1 \sim u_n$ ——相应的标准不确定度。

$u_1 \sim u_n$ 包括与重复性、分辨力和传递标准相关的标准不确定度。其他需要考虑的不确定度分量可能还包括连接件(力输入端)效应和操作者的影响。

D.2.2 重复性

与重复性相关的标准不确定度 u_{rep} 是估计的相对误差平均值的标准偏差,按公式(D.2)计算:

$$u_{rep} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left[\frac{100}{\bar{F}} \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (F_j - \bar{F})^2} \right] \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

n ——读取的每一标称力读数的个数;

F_j ——测量的力(力的单位);

$\bar{F}$ ——测量的力的平均值(力的单位)。

当采用试验机的另一可选分级方法(见附录 C)时,则按公式(D.3)计算:

$$u_{rep} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

n ——读取的每一标称力读数的个数;

q_i ——标称力的测量误差,%;

$\bar{q}$ ——标称力测量误差的平均值,%。

D.2.3 分辨力

与分辨力相关的标准不确定度 u_{res} 由矩形分布得出,按公式(D.4)计算。

$$u_{\text{res}} = \frac{a}{2\sqrt{3}} \dots\dots\dots (D.4)$$

D.2.4 传递标准

与传递标准相关的标准不确定度 u_{std} 按公式(D.5)计算。

$$u_{\text{std}} = \sqrt{u_{\text{cal}}^2 + A^2 + B^2 + C^2} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

u_{cal} ——相应传递标准的校准不确定度；

A、B 和 C——分别为温度、漂移和多项式曲线的线性近似的影响分量。

D.2.5 扩展不确定度

考虑了所有相关的标准不确定度以后(包括上面提到的其他影响分量),将合成不确定度 u_c 乘以包含因子 k 即得到扩展不确定度 U 。尽管 k 也可用有效自由度计算,但推荐取 $k=2$ 。宜遵守“参考文献”[3]中制定的规则。

合理地期望估计的平均相对误差 E 包含在公式(D.6)给出的区间内。

$$E = q \pm U \dots\dots\dots (D.6)$$

由此得到的平均力可用公式(D.7)表示。

$$F \approx F_i - \frac{F_i}{100}(q \pm U) \dots\dots\dots (D.7)$$

D.3 递减力

在递减力的情况下,合成不确定度 u'_c 通过 q 和 v 的不确定度分量计算。假设 v 的不确定分量与递增力时的示值相对误差 q 的不确定度分量相同。合成不确定度 u'_c 按公式(D.8)估计。

$$u'_c = \sqrt{2} \times u_c \dots\dots\dots (D.8)$$

合成不确定度 u'_c 乘以包含因子 k 得到扩展不确定度 U' 。合理地期望估计的平均相对误差 E' 在公式(D.9)给出的范围内。

$$E' = (q + v) \pm U' \dots\dots\dots (D.9)$$

式中：

q ——递增力时的示值相对误差；

v ——进回程相对误差。

由此得到的平均递减力 F' 可用公式(D.10)表示：

$$F' \approx F'_i - \frac{F'_i}{100}[(q + v) \pm U'] \dots\dots\dots (D.10)$$

示例：

- 指示力为 100.0 kN,分辨力为 0.5 kN；
- 测量的递增力(第 1~3 次测量值):100.1 kN,100.8 kN 和 100.9 kN；
- 测量的递减力(第 4 次测量值):99.5 kN；
- 1 级传递标准($u_{\text{std}}=0.12\%$)；
- 漂移、温度和装配方面无明显影响；
- 连接件或操作者无明显影响；
- 示值相对误差 $q=-0.60\%$,满足 1 级要求；
- 重复性相对误差 $b=0.80\%$,满足 1 级要求；
- 进回程相对误差 $v=+1.39\%$,满足 1 级要求；
- 相对分辨力 $a=0.50\%$,满足 1 级要求；
- $u_{\text{rep}}=0.25\%$ (估计的相对误差平均值的标准偏差)；
- $u_{\text{res}}=0.14\%$ (分辨力的标准不确定度)；

- $u_{\text{std}}=0.12\%$ (传递标准校准的标准不确定度);
- $u_c=0.31\%$ (上述三个分量的方和根合成);
- $u'_c=0.44\%$ (递增力和递减力分量的方和根合成);
- $U=0.62\%$ (合成不确定度与 $k=2$ 的乘积);
- $U'=0.88\%$ (递增力和递减力合成不确定度与 $k=2$ 的乘积)

$E=(-0.60\pm0.62)\%$ (递增力时平均误差的期望区间)

$F\approx\left[F_i-\frac{F_i}{100}(-0.60\pm0.62)\right]\text{kN}$ (递增力时平均力的期望区间)

$E'=(-0.60+1.39\pm0.88)\%=(0.79\pm0.88)\%$ (递减力时平均误差的期望区间)

$F'\approx\left[F'_i-\frac{F'_i}{100}(0.79\pm0.88)\right]\text{kN}$ (递减力时平均力的期望区间)。

注：上述方法只给出试验机校准过程中得到的平均示值相对误差的不确定度。未给出校准过程中与单次施加力相联系的不确定度，也不代表试验机以后使用过程中考虑更多其他因素(如试样的对中、温漂、夹具)以后的不确定度。