

金属试验用引伸计的标定和分级方法初探

四三〇厂 疲劳室

一、概 述

近几年来,在金属机械性能的试验和研究中,多种型号的引伸计在控制和测量应变中得到了普遍的应用,特别是对于断裂力学试验、控制应变的疲劳试验和测量弹性模量、屈服强度等的试验尤为重要。但目前我国还没有一个统一的标定和分级方法。为了得到准确、可靠和一致的数据及便于进行金属机械性能比较和技术交流,需要有一个统一的标准。基于此种目的,我们就金属机械性能试验用引伸计(包括购买品和自制品)的标定和分级方法作一初步探讨,希望能有助于早日制定一个标准方法。

二、本文所用术语定义

1. **引伸计**——用以确定伸长和伸长引起的应变而使用的测量和记录(或指标)装置。若引伸计在试样两对侧测量而又不对读数平均的,叫做双引伸计。

2. **引伸计标距**(L_0)——作测量用的初始长度(以后简称标距)。

3. **指示伸长**(L_i)——由引伸计指示的标距的变化。如果所测引伸计的初始读数不为零,则指示伸长应为所得读数与初始读数之差。压缩试验时,标距的减少视为负伸长。

4. **应变**(ε)——标距单位长度伸长量。

5. **标定**——引伸计的指示伸长和标定装置相应位移之间关系的测定。

6. **误差**(ΔL)——指示位移和真实位移之差。

7. **分辨率**——从引伸计指示装置上所能指示出或估计出的最小伸长变化。

8. **精确度**——表示真实伸长的精密程度。

对任一伸长值,其精确度由此伸长作一系列重复观测所得之算术平均误差导出。

9. **指示伸长的重复性**(b)——当重复一系列标定读数时,在位移调到相同值时,指示伸长的最高值和最低值之差;换言之,指示伸长的重复性是当引伸重复调到相同读数时,从标定器上所得位移的最高值和最低值之差。

10. **标定系数**——伸长或应变除以读数所得之商。

11. **额定范围**——伸长计设计的最大工作范围。

12. **定级范围**——符合定级要求的伸长极限或由伸长引起的应变极限。

13. **等级**——精确度和重复性的一种规定标准。标距和分辨率也应考虑在内。

三、标定方法

除标定A级引伸计外,试验或研究用各型引伸计用高放大率螺旋测微计标定就够了。

这种方法所使用的装置是由一个带同心轴的刚性架和可以附装引伸计的“分开试样”的夹具所组成。它能使引伸计产生位移并测量这些位移。其基本原理是一半同心轴可以相对于另一半同心轴移动,并按指定的精确度测量出其轴向位移。凡是符合标定精确度要求的任何仪器都可以使用(标定器的误差不得超过被标定引伸计允许误差的五分之一),最好是能进行现场标定的轻便仪器。

四、标定程序

1. 要求

(1) 在标定装置未调好时,不能标定引伸

计；不经过重新标定，不许互换引伸计零件；

(2) 引伸计要按使用说明书进行操作；

(3) 引伸计要在其量程内按照它使用的标距来标定。如果标定范围只是其额定范围之一部分，标定应从引伸计零读数开始，并注意记录标定开始时的读数。

2. 标距的精确度

将引伸计操作三次，其标距重复性应为：A级在±0.25%以内；B级在±0.5%以内；C、D、E、F级在±1.0%以内。其计算公式为：

$$e_0 = (\bar{L}_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

式中 e_0 为标距相对误差。 \bar{L}_1 为标距实际长度的算术平均值。 L_0 为标距公称长度。

如果引伸计有标距调整装置，应把各级引伸计的标距调在本级要求的公差范围之内。此时即可用公称标距从指示伸长中计算出应变。否则，就要使用实际测量的标距。

对于断裂力学试验（如 K_{Ic} 、J 积分，控制裂纹张开位移的 da/dN 以及柔度法测 da/dN 等）中所用位移量规式引伸计，因其仅仅是测量位移的相对变化，因此没必要精确测定标距，只要量规的线性度符合下列要求即可：量规在位移到 0.5 毫米时，它对于真实位移的偏差不大于 0.003 毫米；位移再增大时，应不大于记录值的 1%。此时的标距选择应保证引伸计工作在其线性范围内。

3. 标定步骤

要标定的引伸计应以通常使用时相同的方式装到“分开试样”上，并停留足够的时间，以使其达到满意的温度稳定性，并记录温度。在整个标定期间不许牵拉。

当温度稳定后，先把标定器在其标定范围的 10% 以内操作三、四次。取负值位移，再返回零位以消除游隙，然后开始标定。

在全标定范围内以近似相等的位移增量读取并记录至少十个读数。然后，“分开试样”的位移要稍取负值再返回零位。按前述方法再读取并记录一系列读数。

从“分开试样”上取下引伸计，按平时存放的形式拆卸存放，再组装到“分开试样”上，重复上述步骤，再读取并记录两列读数，总共有四列读数。

4. 评定

引伸计的分级除主要考虑重复性和精确度外，还要考虑标距和分辨率。其最终级别是按这四种性能的任一种给定的最低等级。其中重复性和精确度是由标定中所取四列读数得出。

即根据每一伸长增量，由四个指示伸长的最高值与最低值之差评定重复性：

$$b = L_{\max} - L_{\min}$$

根据每一增量，由四个指示伸长确定其平均误差。

$$\bar{e} = \sum_{i=1}^4 L_i / 4 - L_0$$

如果引伸计是用调整放大倍数的方法来减小误差，只能在确定这一列读数时调整。标定证书上要标明所用放大倍数。

设计可用于几种放大倍数和标距的引伸计，要按其放大率来定级。

5. 定级

引伸计分为六级：A、B、C、D、E、F（见表 1）以公式作为定级的基础，同时由有关的性能加以调整。精确度的公式是：

$$Y = MX + C$$

式中：Y 为以应变单位表示的最大允许误差，M 为比例误差，X 为所测应变，C 为实用低测量极限。

重复性的要求是最高和最低伸长之差的最大允许值不超过 0.6Y。

精确度公式中各级引伸计所给的常数和系数为：

$$Y_A = 0.002X + 10 \times 10^{-6}$$

$$Y_B = 0.004X + 20 \times 10^{-6}$$

$$Y_C = 0.008X + 40 \times 10^{-6}$$

$$Y_D = 0.02X + 100 \times 10^{-6}$$

$$Y_E = 0.04X + 200 \times 10^{-6}$$

$$Y_F = 0.08X + 400 \times 10^{-6}$$

按上述方法计算的25毫米标距引伸计的应用实例列于表2。

A和B级引伸计只须在高精度设备上标定和定期检定(除测金属弹性模量和标定引伸计时参考外,其它试验不必用此两种引伸计)。

6. 结果记录

以 COD 量规或引伸计标定原始记录为例

(见表3)。

每次标定的记录应包括:(1)所用标定设备的型号;(2)设备的最大误差;(3)被标定引伸计的型号或系列号;(4)标定期间引伸计的放法;(5)环境温度;(6)标定时所取的所有读数;(7)标定系数;(8)每个位移的精确度和重复性;(9)定级范围;(10)引伸计等级。

表1 引伸计的分级

性 能	等 级					
	A	B	C	D	E	F
标距要求:测量或调整标距的最大允许误差(用引伸计标距的十进制小数表示)	± 0.0025	± 0.005	± 0.010	± 0.010	± 0.010	± 0.010
分辨率要求:伸长最小变化的最大允许值(以应变单位表示)	3×10^{-6}	6×10^{-6}	12×10^{-6}	30×10^{-6}	60×10^{-6}	120×10^{-6}
重复性要求:每次伸长时,最高和最低指示伸长之间的最大允许差值(以应变单位表示)	$0.6Y_A$	$0.6Y_B$	$0.6Y_C$	$0.6Y_D$	$0.6Y_E$	$0.6Y_F$
精确度要求:每次伸长时,最大允许平均误差(以应变单位表示)	$\pm Y_A$	$\pm Y_B$	$\pm Y_C$	$\pm Y_D$	$\pm Y_E$	$\pm Y_F$

表2 标距为25毫米引伸计的定级应用实例

性 能	等 级					
	A	B	C	D	E	F
标距(在±微米内)	62	125	250	250	250	250
最 大 允 许 值						
分辨率(微米)	0.08	0.15	0.30	0.75	1.50	3.00
伸长读数的重复性(微米)						
1.应变为零	0.15	0.30	0.60	1.50	3.00	6.00
2.应变为0.001	0.18	0.36	0.72	1.80	3.60	7.20
3.应变为0.005	0.30	0.60	1.20	3.00	6.00	12.00
4.应变为0.01	0.45	0.90	1.80	4.50	9.00	18.00
5.应变为0.02	0.75	1.50	3.00	7.50	15.00	30.00
伸长读数的精确度(微米)						
1.应变为零	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00	10.00
2.应变为0.001	0.30	0.60	1.20	3.00	6.00	12.00
3.应变为0.005	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	20.00
4.应变为0.01	0.75	1.50	3.00	7.50	15.00	30.00
5.应变为0.02	1.25	2.50	5.00	12.50	25.00	50.00

7. 标定证书

标定证书应包括鉴定和说明：(1) 引伸等级；(2) 定级范围；(3) 标距；(4) 附上标

定系数或标定曲线；(5) 标定方法；(6) 所用标定设备型号；(7) 标定日期。

表3 引伸计标定原始记录

被 检 引 伸 计	型 号	713—差动式		额 定 范 围	2 毫 米		定 级 范 围	2 毫 米					
	标 距	1		2		3		等 级	C				
	重 复 性	25.13		25.14		25.08							
指 示 器	型 号	DVM—P ₁ 数字电压表		分 辨 率	10 ⁻⁵		等 级	C					
标 定 器	名 称	2602—004 螺旋测微计		精 度	±0.00038								
标 定 系 数	0.0008007	拟合直线方程		Y = -0.128 + 1248.8977X									
标 定 温 度	16°C	日 期	1981.1.30		标 定 者								
应 变	所 测 读 数				标 准 读 数	平 均 读 数	重 复 性			精 确 度			线 性 (毫 米)
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄			示 值	误 差 毫 米	等 级	示 值	误 差 毫 米	等 级	
0.008	9.88	9.88	9.90	9.92	10	9.895	0.04	0.8	C	0.10	2.0	C	< 3%
0.016	19.86	19.86	19.89	19.90	20	19.88	0.04	0.8	B	0.12	2.4	C	< 3%
0.024	29.83	29.82	29.84	29.88	30	29.84	0.06	1.2	C	0.16	3.2	C	< 1%
0.032	39.78	39.79	39.80	39.83	40	39.80	0.05	1.0	A	0.20	4.0	C	< 1%
0.04	49.78	49.78	49.79	49.84	50	49.80	0.06	1.2	A	0.20	4.0	B	< 1%
0.048	59.78	59.78	59.78	59.84	60	59.80	0.06	1.2	A	0.20	4.0	B	< 1%
0.056	69.77	69.77	69.79	69.85	70	69.80	0.08	1.6	A	0.20	4.0	B	< 1%
0.064	79.77	79.75	79.79	79.86	80	79.80	0.11	2.2	B	0.20	4.0	B	< 1%
0.072	89.78	89.78	89.79	89.88	90	89.81	0.10	2.0	A	0.19	3.8	A	< 1%
0.08	99.76	99.77	99.83	99.87	100	99.81	0.11	2.2	A	0.19	3.8	A	< 1%

五、标定周期

1. 短时试验用引伸计，如金属拉伸试验等，标定证书有效期为一年；

2. 长时试验用引伸计，如蠕变、持久试验等，标定证书有效期为三年。

超过上述时间，引伸计要重新标定，并发新证书。

其标定书可按以下格式：①引伸计：型号、标距、标定系数、等级、定级范围、有效期；②标定装置：型号、标定方法、精度、分辨率，并注明标定者及标定日期。

引伸计的标定曲线：以纵座标表示伸长(毫米)=0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0,1.2,1.4,1.6,1.8,2.0；横座标表示读数(L_i)=0,20,40,60,80,100而得。

六、说 明

1. 本方法适用于室温标定，对非室温下使用的引伸计，最好在使用它的温度下标定。

2. 引伸计是对传感器、放大器、指示器总体而言。有各种名称的传感器，如：差动变压器、应变量规、位移COD量规等，而同一种仪器叫法也不一，皆属于本法标定范围。