

高温压缩引伸计设计与标定

宋先邨 郑文龙

(航天技术系)

摘要 本文介绍了高温压缩引伸计的设计与标定。这种引伸计,适用于高温和室温压缩时变形测量,其结构简单,装夹方便,测量变形精度高。具有造价低、重量轻、实用的特点。

关键词 引伸计, 标定

1. 引言

高温压缩试验中,测量试样压缩变形是很重要的环节,一般采用机械系统把变形引到炉外测量,这种装置精度不高使用不方便。因此,需要设计合适的压缩引伸计,测试样变形,且把高温的测试转化为室温的测试。这样既提高精度,使用又方便。压缩引伸计包括变形传感器、放大器、记录器或指示装置。我室根据高温压缩试验的特点,自行设计了一套适用于高温压缩的变形传感器,其结构简单,具有造价低、重量轻、实用的特点。鉴于国内没有高温(包括常温)压缩用引伸计标定方法,现按照GB228—86《金属拉伸试验方法》中的附录A“引伸计的标定与分析方法”,对我室自制的高温引伸计进行了标定。标定结果表明,引伸计满足测试要求。

2. 变形传感器设计

变形传感器见示意图1,它由电阻应变计、弹簧板、腿套、腿等组成,敏感元件电阻应变计粘贴在厚0.8mm、长65mm、宽10mm的钛合金弹簧板上,弹簧板上为了安装腿,两端有直径为4mm的孔,孔中心距为50mm,弹簧板两孔上装腿套,腿套能使直径为6mm的石英玻璃腿装配上去,两条石英玻璃腿为“J”形,腿的头部磨有一刀口,便于夹持在试样上。

使用时的传感器,其装夹如图2所示,试样周围为防热损失及热辐射影响其它器

件，有隔热罩挡着。由于冷热气体的比重不同，热主要是向上散发的，空气直接导热对传感器弹簧板的影响可以忽略；隔热罩基本隔断了热辐射，所以热辐射对传感器弹簧板的影响大大减弱；这样，只有传感器腿直接接触热源，直接导热可能影响传感器的性能。因为石英玻璃腿导热极差，经测试，在 800℃ 使用中，传感器弹簧板上的温度接近

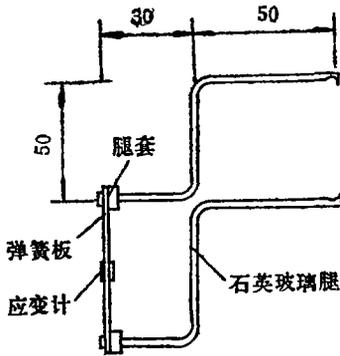


图 1

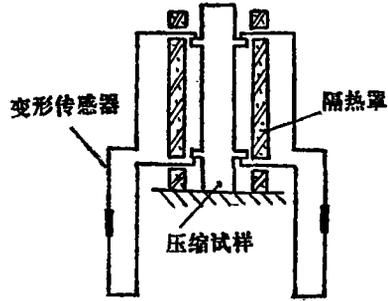
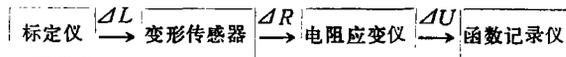


图 2

室温，且温度是稳定的。传感器又采用双弓全桥式，弹簧板上温度稍有变动，对测量的影响也可忽略。这种结构的一副双弓全桥传感器重仅53克。

3. 引伸计的标定

引伸计包括变形传感器，放大器和记录仪等，它实际上是一个测量系统。变形传感器通过Y6D—3A型动态电阻应变仪放大电信号，输入 LZ3—304 型函数记录仪进行记录，传感器的标距为50mm，标定装置使用YB型引伸计检定仪、引伸计标定的信号传递如下框图。



标定时，按记录仪的满量程，分成十个等级，记录仪的横坐标满量程为300mm，每一种放大比例的标定重复三次，每次包括进回程，对于一副传感器，进行放大1000倍和500 倍的标定，同一副传感器，双弓状态和单弓状态均进行了标定。也就是说，对一副传感器，标定了六种状态，双弓状态就是两个弓分别装夹在标距相同的标定仪上，单弓（分单弓1，单弓2）状态就是一个弓装夹在标定仪上，另一个弓放置在一旁，即只有一个弓获得变形增量。这样标定，能考核每一个弓的放大倍数是否相同，为保证两弓的放大倍数一致，首先应使两弓的四片应变计阻值相同，其次是石英玻璃腿等长，使用中的传感器，应尽量保证一副传感器的两弓放大倍数一致。

4. 标定结果

下面以01、04号高温引伸计为例, 报告标定结果(列出部分数据)。

(1) 引伸计标定原始记录(文中略)

(2) 引伸计标定报告

(3) 引伸计标定数据见表1

(4) 引伸计标定应变示值误差见表2

(5) 引伸计标定结果汇总见汇总表

电阻式双弓高温引伸计标定报告(一例)

1. 引伸计编号: 01(双弓)
2. 引伸计标距: 50mm
3. 标定器: YB型引伸计检定仪
4. 引伸计的标定数据: 见表1
5. 伸长放大倍数: 1000.5倍
6. 标定系数: 0.0000200
7. 引伸计最大应变示值误差: 0.00001
8. 引伸计伸长进回程示值相对误差: 0.1%
9. 引伸计等级: A
10. 标定时环境温度: 15°C
11. 标定日期: 1986.12.10
12. 标定者: 宋先邨、陈秀琴

表1 01(双弓)引伸计放大1000倍标定数据

标定器位 移量示值 (mm)	引伸计读数(mm)								线性误差 (%)	进回程示 值相对误 差 (%)
	第一次		第二次		第三次		平均			
	进程	回程	进程	回程	进程	回程	进程	回程		
0.000	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.00	0.13	/	/
0.030	29.9	30.1	30.0	30.0	29.9	30.0	29.93	30.03	-0.2	0.1
0.060	59.9	60.1	60.0	60.0	59.8	60.0	59.90	60.03	-0.2	0.1
0.090	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.00	90.00	0	0
0.120	120.0	119.7	120.0	119.9	120.0	119.9	120.00	119.83	0	0.1
0.150	150.1	150.1	150.0	150.1	150.0	150.0	150.03	150.07	0.0	0.0
0.180	180.0	180.2	180.0	180.2	180.0	180.2	180.00	180.20	0	0.1
0.210	210.0	210.3	210.0	210.2	210.0	210.1	210.00	210.20	0	0.1
0.240	240.0	240.0	240.0	240.3	240.0	240.0	240.00	240.13	0	0.1
0.270	270.0	270.1	270.0	270.0	270.2	270.1	270.07	270.07	0.0	0
0.300	300.0		300.0		300.0		300.00			

表2 01 (双弓)引伸计放大1000倍标定应变示值误差

标定器应变示值 (mm/mm)	引伸计应变示值 (mm/mm)			引伸计应变示值误差 (mm/mm)		
	1	2	3	1	2	3
0	0	0	0	0	0	0
0.0006	0.000598	0.000600	0.000598	-0.00000	0	-0.00000
0.0012	0.001197	0.001200	0.001194	-0.00000	0	-0.00001
0.0018	0.001799	0.001799	0.001799	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.0024	0.002398	0.002398	0.002398	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.0030	0.003000	0.002999	0.002999	0	-0.00000	-0.00000
0.0036	0.003598	0.003598	0.003598	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.0042	0.004198	0.004198	0.004198	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.0048	0.004798	0.004798	0.004798	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.0054	0.005397	0.005397	0.005401	-0.00000	-0.00000	-0.00000
0.0060	0.005997	0.005997	0.005997	-0.00000	-0.00000	-0.00000

表3 引伸计标定结果汇总表

编号	放大倍数	传感器 状态	线性误差 (%)	进回程误 差(%)	最大应变 示值误差	引伸计 等级
01	1000	双弓	0.2	0.1	0.00001	A
		单弓1	0.6	0.1	0.00001	A
		单弓2	0.5	0.1	0.00001	A
	500	双弓	0.2	0.1	0.00002	B
		单弓1	0.3	0.2	0.00003	B
		单弓2	0.2	0.1	0.00002	B
01	1000	双弓	0.2	0.1	0.00001	A
		单弓1	0.3	0.1	0.00001	A
		单弓2	0.5	0.1	0.00001	A
	500	双弓	0.2	0.2	0.00002	B
		单弓1	0.1	0.2	0.00003	B
		单弓2	0.6	0.2	0.00002	B

- 注：1. 表中线性误差，是指进程平均值的最小二乘法拟合线的逐点相对误差的最大值；
 2. 表中进回程误差，是指回程平均值与进程平均值的满程相对误差中的最大值；
 3. 最大应变示值误差及引伸计等级按GB228—86的附录A方法所得。

5. 讨 论

1. 高温压缩用引伸计通过标定, 在1000倍和500倍时, 分别属A级、B级精度, 其实, 在单弓标定放大1000倍时, 相对双弓状态就是2000倍, 这样的放大倍数范围下, 对测试变形是满足需要的。

2. 采用石英玻璃杆为变形传感器的腿, 衰减了热传导, 用曲拐结构形式做传感器腿, 以避免空气直接传热和热辐射, 使应变计正常工作。

3. 高温时使用, 常温下标定。因为我国目前还没有引伸计标定的标准, 就国外几种试验机来说, MTS、岛津的试验机, 能做高温试验(辐射加热式), 没有单独高温引伸计的标仪。我室自制的高温引伸计, 在使用中, 仅变形传感器的石英玻璃腿的端头处于高温环境下, 而且在热膨胀稳定后, 调零点也就是说腿端头因热而引起的变形已经通过调零去掉了。实际上, 不论是标定时或是高温试验时测变形, 弹簧板及应变计均处于室温或接近室温下工作, 所以采用常温下标定也是合理的。

4. 高温变形传感器, 一副(两个弓)重为53克, 装夹时夹持力略大于自重就可以, 试验过程中夹持力基本上是常力, 夹持力及其可能的变形不影响测量精度。

高温传感器的制做及引伸计的标定, 得到陈荣锦教授的热情指导, 参加标定工作的还有罗泽湘、陈秀琴, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] ASTM E209—81, Standard Practice for Compression Tests of Metallic Materials at Elevated Temperatures with Conventional or Rapid Heating Rates and Strain Rates
- [2] ASTM E83—80, Standard Method of Verification and Classification of Extensometers
- [3] 南京航空学院等编, 传感器原理, 国防工业出版社, 1980
- [4] 湖南大学等编, 非电量电测技术, 1981

Design and Calibration of A High-temperature Compressive Extensometer

Song Xiancun Zhen Wenlong

Abstract

A high-temperature compressive extensometer and its calibration technique are presented and developed in this paper. This extensometer is suitable for

measure of compressive displacement for both high-temperature and room-temperature. It is simple in structure and easy to install. Its accuracy of measure is high. The extensometer is of low cost, light weight and practical use.

KEY WORDS Extensometer, Calibration