



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16826—2023

代替 GB/T 16826—2008

## 电液伺服万能试验机

Electro-hydraulic servo universal testing machines

2023-11-27 发布

2024-06-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、符号 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 符号 .....	1
4 试验机主参数系列 .....	3
5 技术要求 .....	4
5.1 环境与工作条件 .....	4
5.2 试验机的分级 .....	4
5.3 加力系统 .....	4
5.4 测力系统 .....	5
5.5 引伸计系统 .....	6
5.6 位移测量系统 .....	6
5.7 控制系统 .....	7
5.8 计算机数据采集系统 .....	7
5.9 安全保护装置 .....	7
5.10 噪声 .....	7
5.11 耐运输颠簸性能 .....	8
5.12 电气系统 .....	8
5.13 其他要求 .....	8
6 检验方法 .....	8
6.1 检验条件 .....	8
6.2 检验用器具 .....	8
6.3 加力系统的检测 .....	8
6.4 测力系统的检测 .....	9
6.5 引伸计系统的检测 .....	13
6.6 位移测量系统的检测 .....	13
6.7 控制系统的检测 .....	13
6.8 计算机数据采集系统的评定 .....	14
6.9 安全保护装置的检测 .....	14
6.10 噪声的检测 .....	14
6.11 耐运输颠簸性能的试验 .....	15

6.12	电器设备的检查 .....	15
6.13	其他要求的检查 .....	15
7	检验规则 .....	15
7.1	出厂检验 .....	15
7.2	型式检验 .....	15
7.3	判定规则 .....	15
8	标志与包装 .....	15
8.1	标志 .....	15
8.2	包装 .....	16
9	随行技术文件 .....	16
	参考文献 .....	17

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 16826—2008《电液伺服万能试验机》，与 GB/T 16826—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 将电液伺服万能试验机的最大试验力由“3 000 kN”更改为“10 MN”(见第 1 章,2008 年版的第 1 章)；
- 更改了试验机的主参数系列(见表 2,2008 年版的表 2)；
- 更改了加力系统同轴度的最大允许值,指标要求提高(见表 3,2008 年版的表 4)；
- 增加了对压缩试验装置活动压板易于调整至与水平面夹角不超过 3°的要求和检验方法[见 5.3.4.4、6.2h)、6.3.8]；
- 更改了弯曲支座的要求,增加了弯曲支座间距可调整的要求(见 5.3.5.2,2008 年版的 5.3.5.2)；
- 删除了测力系统宜采用力传感器进行测力的要求(2008 年版的 5.4.1.9)；
- 增加了测力系统全程不分档测量的要求(见 5.4.1.7)；
- 增加了位移测量系统的技术要求和检测方法(见 5.6、6.6)；
- 更改了对控制系统的要求和检测方法,增加了位移控制方式,增加了技术指标的计算方法(见 5.7、6.7,2008 年版的 5.6、6.6)；
- 更改了数据采集系统检测要求,删除了“型式评价”的规定(见 5.8,2008 年版的 5.7)；
- 增加了试验机处于良好状态下才能进行后续检测的要求(见 6.3.1)；
- 更改了测力系统各项允许误差的检验方法,删除了按照 GB/T 16825.1—2008 检验的要求(见 6.4.5,2008 年版的 6.4.5.3)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本文件起草单位：济南鑫光试验机制造有限公司、中机试验装备股份有限公司、山东省计量科学研究院、深圳万测试验设备有限公司、苏州拓博机械设备有限公司、承德市精密试验机有限公司、上海华龙测试仪器有限公司、广州大学、昆山市创新科技检测仪器有限公司、浙江大学、中机试验装备(江苏)有限公司。

本文件主要起草人：王建国、任霞、李万升、钟辛、叶建荣、王新华、蔡青松、徐忠根、赵玉成、陶泽成、何闻、马伟。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1997 年首次发布为 GB/T 16826—1997,2008 年第一次修订；
- 本次为第二次修订。



# 电液伺服万能试验机

## 1 范围

本文件规定了电液伺服万能试验机的主参数系列、技术要求、检验方法、检验规则、标志与包装等内容。

本文件适用于最大试验力不大于 10 MN 用于金属和非金属材料力学性能试验的电液伺服万能试验机(以下简称试验机)的设计、制造和检验。电液伺服压力试验机的设计、制造和检验参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2611—2022 试验机 通用技术要求

GB/T 13634 金属材料 单轴试验机检验用标准测力仪的校准

GB/T 22066—2008 静力单轴试验机用计算机数据采集系统的评定

GB/T 36416.1 试验机词汇 第1部分:材料试验机

JB/T 6146—2020 引伸计 技术条件

JB/T 6147—2007 试验机包装、包装标志、储运技术要求

## 3 术语和定义、符号

### 3.1 术语和定义

GB/T 36416.1 界定的术语和定义适用于本文件。

### 3.2 符号

下列符号适用于本文件。具体见表 1。

表 1 符号、单位和说明

符号	单位	说明
$a$	%	力指示装置的相对分辨力
$a_e$	%	引伸计系统的相对分辨力
$b$	%	测力系统的示值重复性
$D$	mm	位移检测用百分表(或千分表、钢直尺)指示的位移值
$\overline{D}_i$	mm	同一位移量的三次测量中,位移指示装置三次示值的算术平均值

表 1 符号、单位和说明(续)

符号	单位	说明
$e$	%	加力系统上、下夹头的同轴度
$F$	N	递增力时,标准测力仪指示的力
$F'$	N	递减力时,标准测力仪指示的力
$F_c$	N	以递增力形式补充一组测量时,标准测力仪指示的力
$F_i$	N	递增力时,试验机力指示装置指示的力
$F'_i$	N	递减力时,试验机力指示装置指示的力
$F_{ic}$	N	以递增力形式补充一组测量时,试验机力指示装置指示的力
$\overline{F}$	N	几次测量中力的同一测量点 $F$ 的算术平均值
$F_{i0}$	N	卸除力以后被检试验机力指示装置的残余示值
$F_L$	N	力测量范围的下限值
$F_{0d}$	N	测力系统的零点漂移示值
$f_0$	%	测力系统的零点相对误差
$\overline{\Delta L}$	mm	在同一测量点,同一次测量中,检验试样两侧变形的算术平均值
$\Delta L_{\max}$	mm	在同一测量点,同一次测量中,检验试样变形较大一侧的变形值
$q$	%	测力系统的示值相对误差
$q_e$	%	引伸计系统示值相对误差
$q_{1e}$	%	引伸计系统标距相对误差
$q_{\max}$	%	测得的示值相对误差最大值,是 $q_1$ 、 $q_2$ 和 $q_3$ 代数值的最大值
$q_{\min}$	%	测得的示值相对误差最小值,是 $q_1$ 、 $q_2$ 和 $q_3$ 代数值的最小值
$q_v$	%	位移速率相对误差
$q_\sigma$	%	应力(力)速率相对误差
$q_\varepsilon$	%	应变(变形)速率相对误差
$q'_e$	$\mu\text{m}$	引伸计系统示值绝对误差
$q'_\sigma$	%	应力(力)保持相对误差
$q'_\varepsilon$	%	应变(变形)保持相对误差
$r$	N	力指示装置的分辨力
$r_e$	$\mu\text{m}$	引伸计系统的绝对分辨力
$t_{\sigma 10\%}$	s	应力(力)—时间曲线上,在应力(力)速率控制段 10% 处,对应的时间值
$t_{\sigma 90\%}$	s	应力(力)—时间曲线上,在应力(力)速率控制段 90% 处,对应的时间值
$t_{\varepsilon 10\%}$	s	应变(变形)—时间曲线上,在应变(变形)速率控制段 10% 处,对应的时间值



表 1 符号、单位和说明 (续)

符号	单位	说明
$t_{\varepsilon 90\%}$	s	应变(变形)一时间曲线上,在应变(变形)速率控制段 90%处,对应的时间值
$u$	%	测力系统的示值回程差
$u_e$	%	引伸计系统示值回程差
$v$	mm/min	位移速率测量值
$\bar{v}$	mm/min	位移速率测量平均值
$z$	%	测力系统的零点漂移
$\sigma_0$	N/m <sup>2</sup> (N)	在应力(力)一时间曲线上,应力(力)保持段内的应力(力)设定值
$\dot{\sigma}$	Nm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (N/s)	应力(力)速率计算值
$\bar{\sigma}$	N/m <sup>2</sup> (N)	在应力(力)一时间曲线上,应力(力)保持段内的应力(力)初始、中间、末尾三个测量点应力(力)的算术平均值
$\dot{\sigma}_N$	Nm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (N/s)	应力(力)速率设定值
$\sigma_{10\%}$	N/m <sup>2</sup>	应力(力)一时间曲线上,在应力(力)速率控制段 10%处对应的应力(力)值
$\sigma_{90\%}$	N/m <sup>2</sup>	应力(力)一时间曲线上,在应力(力)速率控制段 90%处对应的应力(力)值
$\varepsilon_0$	% ( $\mu\text{m}$ )	在应变(变形)一时间曲线上,应变(变形)保持段内的应变(变形)设定值
$\dot{\varepsilon}$	s <sup>-1</sup> ( $\mu\text{m}/\text{s}$ )	应变(变形)速率计算值
$\bar{\varepsilon}$	% ( $\mu\text{m}$ )	在应变(变形)一时间曲线上,应变(变形)保持段内的应变(变形)初始、中间、末尾三个测量点应变(变形)的算术平均值
$\dot{\varepsilon}_L$	s <sup>-1</sup> ( $\mu\text{m}/\text{s}$ )	应变(变形)速率设定值
$\varepsilon_{10\%}$	% ( $\mu\text{m}$ )	应变(变形)一时间曲线上,在应变(变形)速率控制段 10%处,对应的应变(变形)值
$\varepsilon_{90\%}$	% ( $\mu\text{m}$ )	应变(变形)一时间曲线上,在应变(变形)速率控制段 90%处,对应的应变(变形)值

#### 4 试验机主参数系列

试验机的主参数为最大试验力,应按主参数划分试验机规格。试验机主参数应从表 2 中选取。

表 2 试验机主参数系列

试验机	主参数系列
最大试验力 kN	50、100、300(200)、600(500)、1 000、2 000、3 000、5 000(6 000)、10 000
注:圆括号“( )”内的参数为不优先推荐的参数。	

## 5 技术要求

### 5.1 环境与工作条件

在下列环境与工作条件下试验机应能正常工作：

- a) 室温 10 ℃～35 ℃ 范围内；
- b) 相对湿度不大于 80%；
- c) 周围无振动、无腐蚀性介质和无较强电磁场干扰；
- d) 电源电压的波动范围在额定电压的±10%以内；
- e) 在稳固的基础上正确安装，水平度为 0.2/1 000。

### 5.2 试验机的分级

根据试验机各项技术指标的特点，将试验机分为 0.5 级和 1 级两个级别。试验机各级别的技术指标见表 3～表 7。

### 5.3 加力系统

#### 5.3.1 一般要求

5.3.1.1 试验机机架应具有足够的刚性和试验空间，便于进行试验操作，并易于装卸试样、夹具、辅具、试验机附件和标准测力仪。

5.3.1.2 试验机在施加和卸除力的过程中应平稳，无冲击或振动。

#### 5.3.2 液压系统和装置

试验机液压系统和装置应符合 GB/T 2611—2022 中第 8 章的有关规定。

#### 5.3.3 拉伸试验夹持装置

5.3.3.1 在施加力的过程中，拉伸试验夹持装置在任意位置时，其上、下夹头和试样钳口的中心线应与试验机的加力轴线同轴，其同轴度应符合表 3 的规定。

表 3 加力系统同轴度最大允许值

试验机级别	同轴度最大允许值 %
0.5	10
1	12

5.3.3.2 夹头应保证夹持可靠，夹持部分（与试样接触部分）应均匀地夹紧试样，并应能对试样施加试验机的最大力。在加力状态下或试验过程中，试样与夹头之间不应产生相对滑移。

5.3.3.3 在卸除力或拉断试样后，钳口各部位应无损伤。

5.3.3.4 钳口应具有互换性。其洛氏硬度应在 55 HRC～65 HRC 之间。

#### 5.3.4 压缩试验装置

5.3.4.1 上、下压板的中心线应与机架的中心线重合。

5.3.4.2 压板的工作表面应光滑、平整，表面粗糙度参数  $Ra$  不应大于 0.80  $\mu\text{m}$ 。

5.3.4.3 压板的球面支承应活动自如,与压板配合良好。对于球头球座上置的装置,在不受力的状态下,球头和球座之间应无明显间隙。

5.3.4.4 活动压板应易于调整至与水平面夹角不超过 $3^\circ$ 的位置。

5.3.4.5 压板的洛氏硬度不应低于 55 HRC。

5.3.4.6 下压板的工作面上应清晰地刻有试样定位用的不同直径的同心圆刻线或互成 $90^\circ$ 的刻线,刻线的深度和宽度以便于观察且不影响试验结果为宜。

### 5.3.5 弯曲试验装置

5.3.5.1 弯曲压头与两个弯曲支座之间应平行。

5.3.5.2 两个弯曲支座的高度应一致,并且弯曲支座间距应可调整。

5.3.5.3 弯曲试验装置上标尺的零位线应与加力轴线重合。

5.3.5.4 弯曲压头和两支承的洛氏硬度均不应低于 50 HRC。

## 5.4 测力系统

### 5.4.1 一般要求

5.4.1.1 测力系统通过计算机的显示器、数字式指示装置或其他记录装置应能实时、连续和准确地显示施加到试样上的力值。指示装置显示的数据和图形应清晰,易于读取,应能显示其示值范围的零点和最大值,并有加力方向的指示(例如:“+”或“-”)。

5.4.1.2 无论何种类型的指示装置均应以力的单位直接显示力值。

5.4.1.3 在施加力或卸除力的过程中,随着力的增加或减小,力的指示应平稳,不应有冲击、停顿和跳动现象。

5.4.1.4 当卸除力后,力的示值应回零位。

5.4.1.5 试验机测力系统应具有调零和(或)清零的功能。

5.4.1.6 试验机应能准确地记录和存储试验过程中的试验数据。

5.4.1.7 测力系统应全量程测量,不分档。

5.4.1.8 试验机应有加力速度指示装置。

5.4.1.9 数字式指示装置的分辨力 $r$ 判定方法为:

在试验机的电动机和控制系统均启动、空载的情况下,如果示值变动不大于一个增量,则认为其分辨力为一个增量;如果示值变动大于一个增量,则认为其分辨力等于变动范围的一半加上一个增量。

### 5.4.2 零点漂移

试验机使用前应预热,预热时间不应超过 30 min。零点漂移应符合表 4 的规定。

表 4 测力系统零点漂移允许值

试验机级别	零点漂移允许值 $\varepsilon$ %
0.5	$\pm 0.5$
1	$\pm 1.0$

### 5.4.3 鉴别力阈

试验机测力系统的鉴别力阈不应大于力测量范围下限值 $F_L$ 的 0.25%。

## 5.4.4 测力系统的各项允许误差和相对分辨力

试验机测力系统的示值相对误差  $q$ 、示值重复性  $b$ 、示值进回程差  $u$ 、零点相对误差  $f_0$  和指示装置的相对分辨力  $a$  均应符合表 5 的规定。

表 5 测力系统的各项技术指标最大允许值

试验机级别	最大允许值 %				
	示值相对误差 $q$	示值重复性 $b$	示值进回程差 $u$	零点相对误差 $f_0$	相对分辨力 $a$
0.5	±0.5	0.5	±0.75	±0.25	0.25
1	±1.0	1.0	±1.5	±0.5	0.5

## 5.5 引伸计系统

## 5.5.1 一般要求

5.5.1.1 引伸计系统应符合 JB/T 6146—2020 中 5.2 的规定。

注：引伸计系统由引伸计和试验机的变形信号测量显示单元组成，也称为变形测量系统。

5.5.1.2 引伸计系统应有调零和(或)清零的功能。

5.5.1.3 在测量变形的过程中，应能连续准确地指示出试样的变形量。

5.5.1.4 应根据试验方法与变形测量的准确度来配备和选用合适级别的引伸计系统。

## 5.5.2 引伸计系统的各项允许误差

引伸计系统的标距相对误差  $q_{1e}$ 、变形示值相对误差  $q_e$ 、变形示值绝对误差  $q'_e$ 、示值进回程差  $u_e$ 、相对分辨力  $a_e$  和绝对分辨力  $r_e$  的最大允许值应符合表 6 的规定。

表 6 引伸计系统的技术指标最大允许值

引伸计系统 级别	引伸计系统的最大允许值					
	标距 相对误差 $q_{1e}$ %	分辨力 <sup>a</sup>		示值误差 <sup>a</sup>		示值进回程差 $u_e$ %
		相对 $a_e$ %	绝对 $r_e$ $\mu\text{m}$	相对误差 $q_e$ %	绝对误差 $q'_e$ $\mu\text{m}$	
0.2	±0.2	0.10	0.2	±0.2	±0.6	±0.30
0.5	±0.5	0.25	0.5	±0.5	±1.5	±0.75
1	±1.0	0.50	1.0	±1.0	±3.0	±1.50

<sup>a</sup> 取其中较大者。

## 5.6 位移测量系统

5.6.1 位移测量系统指示装置的分辨力不应低于 0.01 mm。

5.6.2 在测量范围内，位移示值相对误差  $q_D$  的最大允许值应在 ±0.5% 范围内。

## 5.7 控制系统

### 5.7.1 一般要求

5.7.1.1 控制系统应采用闭环控制方式,应具有应力、应变和位移三种控制方式。在不同控制方式转换的过程中,试验机应运行平稳,无影响试验结果的振动或冲击。

5.7.1.2 试验机的控制软件应能实现试验机的试验功能。除此之外,还应具备检验(或校准)功能。

### 5.7.2 应力(力)、应变(变形)和位移的控制

5.7.2.1 试验机对于应力(力)、应变(变形)和位移的控制应符合表 7 的规定。

5.7.2.2 制造者应在产品使用说明书或其他技术文件中给出试验机能够控制的应力(力)速率、应变(变形)速率和位移速率的范围。

表 7 控制系统的各项技术指标最大允许值

试验机 级别	最大允许值 %				
	应力(力)速率 相对误差, $q_s$	应力(力)保持 相对误差, $q'_s$	应变(变形)速率 相对误差, $q_e$	应变(变形)保持 相对误差, $q'_e$	位移速率 相对误差, $q_v$
0.5	±1	±1	±1	±1	±1
1	±2	±2	±2	±2	±2

## 5.8 计算机数据采集系统

试验机的计算机数据采集系统在系统初次安装、硬件更新或软件升级后,应按 GB/T 22066—2008 对计算机数据采集系统进行评定,评定结果应符合 GB/T 22066—2008 中 5.2 的规定。

## 5.9 安全保护装置

5.9.1 试验机应有力的过载保护装置,当施加的力超过试验机最大试验力的 2%~5% 时,过载保护装置应立即动作,以保证试验机自动停机。

5.9.2 试验机应有限位保护装置,当夹头移动到设定的上、下极限位置时,限位装置应立即动作,使其自动停止移动。

5.9.3 试验过程中,当试样断裂后,试验机应自动停机或按设定模式返回后停机。

## 5.10 噪声

试验机工作时的噪声声级应符合表 8 的规定。

表 8 噪声声级

试验机最大试验力 kN	噪声声级 dB(A)
≤1 000	≤75
>1 000	≤80

### 5.11 耐运输颠簸性能

试验机在包装条件下,应能承受运输颠簸试验而无损坏。运输颠簸试验后,试验机不经调修(不包括操作程序准许的正常调整)应满足本文件的全部技术要求。

### 5.12 电气系统

试验机的电气系统应符合 GB/T 2611—2022 中第 7 章的有关规定。

### 5.13 其他要求

试验机的基本要求、零部件、装配和机械安全防护以及外观质量等应符合 GB/T 2611—2022 中的第 4 章、第 5 章、第 6 章和第 10 章的有关规定。

## 6 检验方法

### 6.1 检验条件

试验机应在 5.1 规定的环境与工作条件下进行检验。在检验过程中,温度的波动不宜超过 2℃。

### 6.2 检验用器具

检验试验机用的标准仪器、量具和检具包括:

- a) 0.1 级或 0.3 级标准测力仪(见 GB/T 13634);
- b) 最大允许测量误差为±2%的同轴度测量仪或准确度与其相当的测量装置;
- c) 表面粗糙度测试仪;
- d) 洛氏硬度计;
- e) 分辨力为 0.01 s 的秒表;
- f) 百分表、千分表和磁力表座;
- g) 分度值为 0.02 mm/m 的水平仪;
- h) 数字倾斜仪;
- i) 2 级声级计;
- j) 符合 JB/T 6146—2020 规定的引伸计标定器;
- k) 绝缘电阻测试仪;
- l) 耐电压测试仪;
- m) 通用量具及检具;
- n) 钢制同轴度检验试样(以检验时不超过试样屈服强度为宜,标距不小于 100 mm,标距部分与两头部的同轴度不超过  $\Phi 0.02$  mm);
- o) 各种试样(试样的数量应与各类夹具钳口的套数相同,试样的截面尺寸应适合检测试验用的各类夹具和钳口)。

### 6.3 加力系统的检测

6.3.1 试验机在进行力值检测前,应按 6.3.2 对其一般工作性能进行检测。只有当试验机处于良好的工作状态下,才能进行后续的各项检测。

6.3.2 在试验机上安装一个拉伸试样,然后对试样缓慢加力直至试验机的最大试验力再缓慢卸除。在加力和卸力的过程中,通过观测检查试验机的总体情况和液压系统的情况,是否符合 5.3.1 和 5.3.2 的规定。

6.3.3 若试验机加力系统配置多种夹具和钳口,应分别对每一种夹具进行同轴度检测。同轴度的检测应按照下面方法进行:

使用 6.2b)规定的同轴度测量仪和 6.2n)规定的检验试样进行检测。检测时,将检验试样夹持在相应夹具上,并将同轴度测试仪的变形测量装置安装到检验试样的标距之间,调整同轴度测量仪的零点。施加试验机最大试验力的 1%作为初始力,在试验机(2%~4%)最大试验力的范围内,以近似相等的间隔,按顺序在不同试验力下检测 5 个点。测量检测试样相对两侧的弹性变形,在相互垂直的方向上各测两次。检测时施加的最大试验力不超过检验试样的弹性极限。

按照公式(1)计算同轴度  $e$ :

$$e = \frac{\Delta L_{\max} - \overline{\Delta L}}{\Delta L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

检查每次测量的结果是否符合 5.3.3.1 的规定。

注:同轴度测量仪可由同轴度检验试样、引伸计或贴有应变片的检验试样及配套仪表组成。应变计法见 GB/T 38250。

6.3.4 对应每种钳口,选取合适的试样,使用试验机最大试验力的 80%以上的力做一根试样的拉断试验。检查夹头的夹持和钳口的变形损伤等情况,是否符合 5.3.3.2、5.3.3.3 和 5.9.3 的规定。

6.3.5 使用洛氏硬度计检测钳口、压板、弯曲压头和两支承的硬度,检查结果是否符合 5.3.3.4、5.3.4.5 和 5.3.5.4 的规定。

6.3.6 通过实际测量或观测钳口、下压板工作面的刻线、压板球面支承和弯曲试验装置,检查结果是否满足 5.3.3.4(钳口互换性)、5.3.4.3、5.3.4.6 和 5.3.5.1~5.3.5.3 的要求。

6.3.7 启动试验机,上升工作台,使上、下压板靠近。通过观测检查上、下压板与机架中心线的对中情况是否满足 5.3.4.1 的要求。

6.3.8 使用数字倾斜仪检测压板的倾斜角度是否符合 5.3.4.4 的规定。

6.3.9 压板表面粗糙度用表面粗糙度测试仪检测,检测结果是否符合 5.3.4.2 的规定。

## 6.4 测力系统的检测

### 6.4.1 一般要求的检测

6.4.1.1 启动试验机,当力的示值趋于稳定后,观测检查测力系统的总体情况是否满足 5.4.1.1~5.4.1.8 的要求。

6.4.1.2 在试验机的电动机和控制系统均启动,在零试验力的情况下,按照 5.4.1.9 的规定通过观测来判定力指示装置的分辨力  $r$ 。

### 6.4.2 零点漂移的检测

试验机经规定时间的预热后,使其处于良好的工作状态。先调整好指示装置的零点,在 15 min 内观测和记录测力系统零点漂移示值的最大值,零点漂移  $z$  按公式(2)计算。检测结果是否符合 5.4.2 的规定。

$$z = \frac{F_{0d}}{F_L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

如制造者未说明  $F_L$  数值,用试验力分辨力的倍数确定  $F_L$ :

——0.5 级试验机:  $400 \times r$ ;

——1 级试验机:  $200 \times r$ 。

### 6.4.3 鉴别力阈的检测

在零试验力状态下,检测试验机测力系统的鉴别力阈。施加  $0.25\% F_L$  的力后,检查指示装置是否

有明显的数字增量。

#### 6.4.4 力指示装置相对分辨力的判定

对每个测量点,按照公式(3)计算并判定力指示装置的相对分辨力  $a$ ,是否符合 5.4.4 有关相对分辨力的规定。

$$a = \frac{r}{F_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

#### 6.4.5 各项允许误差的检测

##### 6.4.5.1 通则

6.4.5.1.1 测力系统力的零点相对误差、示值回程差、示值相对误差和示值重复性应按照 6.4.5.1 和 6.4.5.2 规定的准则与方法进行检测,并按照 6.4.5.3 进行评定,各项检测结果应符合 5.4.4 的规定。

6.4.5.1.2 若配备多个力指示装置则均应进行检测。如果试验机有多个测力系统,每个系统应视为单独的试验机进行检测。检测应满足下列要求。

- a) 使用满足 GB/T 13634 规定的标准测力仪进行检测。检测时应根据被检试验机的级别选择适合的标准测力仪。0.5 级试验机选用不低于 0.1 级标准测力仪进行检测,1 级试验机选用不低于 0.3 级标准测力仪进行检测。
- b) 标准测力仪溯源到法定计量单位的国家基准。
- c) 检测时需要使用一台以上标准测力仪时,较小容量标准测力仪的最大力与较大容量标准测力仪的最小力相同。
- d) 用缓慢递增的力或者缓慢递减的力进行检测。

##### 6.4.5.2 检验程序

###### 6.4.5.2.1 标准测力仪的对中

安装拉力标准测力仪时,尽可能将弯曲影响降至最低(见 ISO 376)。对于压力标准测力仪,如果试验机上没有连接球座,则在标准测力仪上安装带有球形螺帽的压垫与试验机连接。如果试验机无压缩台板,标准测力仪和试验机可采用螺纹方式连接。

相邻两组测量之间,标准测力仪的角度需要转动 120°。

如果试验机有两个工作区域共用一个力施加机构和指示装置(例如,上面工作区域的压力等于下面工作区域的拉力,反之亦然),证书上宜予以相应的说明。

###### 6.4.5.2.2 温度修正

应在 10 °C~35 °C 室温下进行检测。检测时的温度应记录在检测报告中。

标准测力仪应放置足够长的时间使其达到稳定的温度。在每次检测操作过程中,标准测力仪的温度应稳定在 ±2 °C 以内。必要时,应对读数进行温度修正(见 ISO 376)。

###### 6.4.5.2.3 试验机和标准测力仪的工作状态调整

检测前,试验机连同安装好的标准测力仪应预加载至少 3 次,加载的力从零到待测量的最大力。

###### 6.4.5.2.4 检测方法

采用如下方法之一进行检测。

- a) 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力  $F$ 。



- b) 对试验机施加由标准测力仪所指示的力  $F$ , 记录被检试验机力指示装置显示的力  $F_i$ 。  
每组测量施加的力不必完全相等, 但宜近似相等。

#### 6.4.5.2.5 力的施加

应以递增力进行三组测量。每组测量应至少有 5 个测量点, 在检测范围的 20%~100% 内近似等间隔分布。如果需要对低于测力范围 20% 的力进行检测, 应进行补充测量: 在小于 20% 范围内, 应至少选出 5 个测量点, 且相邻两个测量点力的比值小于或等于 2, 例如: 选择从测力范围的 10%、7%、4%、2%、1%、0.7%、0.4%、0.2%、0.1% 等, 直至测量范围下限值。测力范围的下限使用分辨力  $r$  的倍数确定:

——0.5 级:  $400 \times r$ ;

——1 级:  $200 \times r$ 。

对每个力, 均应计算试验机测力系统的示值相对误差和重复性。

每组测量前, 可将标准测力仪转位  $120^\circ$ , 再进行预加力的操作。

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能够立即指示出来, 例如通过带有负号的指示器显示。

按公式(4)计算并记录每组测量的零点相对误差  $f_0$ , 检查计算结果是否符合 5.4.4 中关于零点相对误差的规定。

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

#### 6.4.5.2.6 辅助装置的检验

根据试验机是否经常使用辅助装置(指针、记录仪), 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) 经常用辅助装置的试验机: 连接辅助装置, 在所使用的测量范围以递增力(见 6.4.5.2.5)进行三组测量。不连接辅助装置, 在所使用的测量范围以递增力补充一组测量。
- b) 不经常用辅助装置的试验机: 不连接辅助装置, 在所使用的测量范围以递增力(见 6.4.5.2.5)进行三组测量。连接辅助装置, 在所使用的测量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  $q$  使用常规的 3 组测量值计算, 示值重复性  $b$  使用 4 组测量值计算。检查计算出的  $b$  和  $q$  是否符合表 5 的规定, 是否满足公式(5)或公式(6)规定的条件:

——以试验机指示的力  $F_i$  为定值进行检验时:

$$\left| \frac{F_i - F_c}{F_c} \right| \times 100\% < 1.5q \quad \dots\dots\dots(5)$$

——以标准测力仪指示的力  $F$  为定值进行检验时:

$$\left| \frac{F_{ic} - F}{F} \right| \times 100\% < 1.5q \quad \dots\dots\dots(6)$$

公式(5)和公式(6)中的  $q$  是表 5 中给出的测力系统示值相对误差的最大允许值。

#### 6.4.5.2.7 活塞位置效应的检验

对于利用压力传感器测力的试验机, 在所用的测力范围进行三组测量期间(见 6.4.5.2.5), 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。

6.4.5.3 力指示装置的检测和评定

6.4.5.3.1 示值回程差的检测

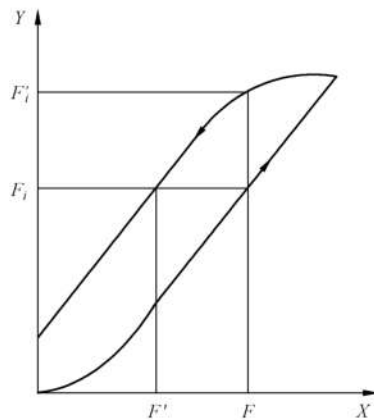
对同一测量点先以递增力,再以递减力进行检测,以测定示值回程差  $u$ 。在此情况下,使用标准测力仪按照 GB/T 13634 的规定进行递减力检测,只需一组递减力。按照下列方法之一进行计算示值回程差,检测结果是否符合 5.4.4 的规定。

- a) 根据同一测量点在递增力和递减力检测时所得到的差值(见图 1),按公式(7)计算示值回程差:

$$u = \frac{F - F'}{F} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

- b) 以试验机的指示力为定值进行检测的情况,按公式(8)计算示值回程差:

$$u = \frac{F'_i - F_i}{F} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$



标引序号说明:

- X —— 标准测力仪指示的力值;
- Y —— 试验机力指示装置上力的读数。

图 1 示值回程差示意图

6.4.5.3.2 示值相对误差的评定

分别按照公式(9)~公式(11)计算每一组测量点的示值相对误差,然后用公式(12)求其平均值,检查结果是否符合 5.4.4 的规定。

$$q_1 = \frac{(F_{i1} - F_1)}{F_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$q_2 = \frac{(F_{i2} - F_2)}{F_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$q_3 = \frac{(F_{i3} - F_3)}{F_3} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$q = \frac{(q_1 + q_2 + q_3)}{3} \quad \dots\dots\dots(12)$$

下标 1、2 和 3 表示每个测量点 3 组检测的读数和计算次数。

### 6.4.5.3.3 示值重复性的评定

对于每一测量点,示值重复性  $b$  为所测得的示值相对误差最大值  $q_{\max}$  和最小值  $q_{\min}$  之差,按照公式(13) 进行计算,检查结果是否符合 5.4.4 的规定。

$$b = q_{\max} - q_{\min} \quad \dots\dots\dots(13)$$

## 6.5 引伸计系统的检测

引伸计系统的一般要求、各项允许误差和分辨力应按 JB/T 6146—2020 第 6 章规定的方法进行检测,检查结果是否符合 5.5 的规定。

## 6.6 位移测量系统的检测

6.6.1 观测位移测量系统的分辨力,检查是否满足 5.6.1 的要求。

6.6.2 位移测量系统示值相对误差选用 6.2f)规定的合适量具进行检测。检测时,在测量范围内至少选两个间隔进行,每个间隔测量 3 次,位移示值相对误差  $q_D$  按公式(14)计算,检查结果是否满足 5.6.2 的要求。

$$q_D = \frac{\overline{D}_l - D}{D} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(14)$$

## 6.7 控制系统的检测

6.7.1 用 6.2o)规定的试样进行应力(力)速率控制、应变(变形)速率控制和位移控制试验,并在试验过程中变换控制方式。检测过程中,观测检查控制方式的切换和控制软件的功能是否满足 5.7.1 的要求。试验结束后,检查应力—时间曲线、应变—时间曲线、应力—应变曲线、力—位移曲线和位移—时间曲线的总体情况。检测时,试验力应在试样弹性变形范围内。

6.7.2 应力(力)速率的检测:在应力(力)—时间曲线上取点,原则上选择试验机应力(力)速率设置范围内的最高和最低两个速率,宜选在应力(力)速率控制段的 10%和 90%附近。按公式(15)计算实际应力速率测量值与其设定值间的相对误差,检查结果是否满足 5.7.2 有关应力速率控制的规定。

$$q_\sigma = \frac{\dot{\sigma} - \dot{\sigma}_N}{\dot{\sigma}_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(15)$$

其中:

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma_{90\%} - \sigma_{10\%}}{t_{\sigma 90\%} - t_{\sigma 10\%}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(16)$$

6.7.3 应变(变形)速率的检测:在应变(变形)—时间曲线上取点,原则上选择试验机应变(变形)速率设置范围内的最高和最低两个速率,宜选在应变(变形)速率控制段的 10%和 90%附近。按公式(17)计算实际应变速率测量值与其设定值间的相对误差,检查结果是否符合 5.7.2 有关应变速率控制的规定。

$$q_\epsilon = \frac{\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}_L}{\dot{\epsilon}_L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(17)$$

其中:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\epsilon_{90\%} - \epsilon_{10\%}}{t_{\epsilon 90\%} - t_{\epsilon 10\%}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(18)$$

6.7.4 应力(力)/应变(变形)保持的检测:用 6.2o)规定的试样进行应力(力)保持和应变(变形)保持控制试验。保持时间不少于 20 s。试验结束后,分析应力(力)—时间曲线、应变(变形)—时间曲线,分别按公式(19)和公式(20)计算应力保持相对误差和应变保持相对误差,检查结果是否满足 5.7.2 有关应力保持和应变保持的要求。

$$q'_\sigma = \frac{\bar{\sigma} - \sigma_0}{\sigma_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$q'_\epsilon = \frac{\bar{\epsilon} - \epsilon_0}{\epsilon_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(20)$$

6.7.5 位移速率的检测:在位移移动速率范围内,选择最高、中间和最低三个测量点(低于 0.05 mm/min 的速率可不进行检验),使用秒表按速度的大小分别选用百分表或千分表进行检测,检测三次,速度相对误差  $q_v$  按公式(21)计算,判断结果是否满足 5.7.2 有关位移速率控制的要求。

$$q_v = \frac{\bar{v} - v}{v} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(21)$$

6.8 计算机数据采集系统的评定

试验机的计算机数据采集系统应按 GB/T 22066—2008 规定的方法进行检测和评定,检查结果是否符合 5.8 的规定。

6.9 安全保护装置的检测

6.9.1 选择一个在试验机最大力下不产生屈服的压缩(或拉伸)试样装夹到试验机上,启动试验机以最大力控速度的 50%施加力,当施加的力超过试验机最大试验力的 2%~5%时,观测检查是否满足 5.9.1 的要求。

6.9.2 启动试验机,使夹头移动,当夹头达到其工作范围的上、下极限位置时,观测检查是否满足 5.9.2 的要求。

6.10 噪声的检测

6.10.1 在条件允许的情况下,试验机工作时的噪声宜在半消声室进行检测。如不具备检测条件,可在常规环境下检测。

6.10.2 试验机噪声使用 6.2i)规定的声级计检测。检测时,启动试验机,当试验机达到最大试验力 80%时,将声级计的传声器面向声源水平放置,距试验机 1.0 m,距地面高度为 1.5 m,绕试验机四周测量不应少于 6 点,取各测量点测得的最大值  $N_{i,max}$ ,按照 6.10.3 对其进行处理,处理后的结果为试验机的噪声  $\eta$ ,检查是否符合 5.10 的规定。

6.10.3 测量试验机噪声前,应先测量背景(环境)噪声。试验机工作时测量的最大噪声  $N_{i,max}$  背景噪声  $N_b$  的差值  $\Delta N$  取整数,若差值  $\Delta N$  小于 3 dB(A),则测量结果无效;若差值  $\Delta N$  在 3 dB(A)~10 dB(A)范围内,从表 9 中选取相应值,按照公式(22)对测量值进行修正;若差值  $\Delta N$  大于 10 dB(A),测量的最大噪声  $N_{i,max}$  为试验机噪声。

$$\eta = N_{i,max} - N_c \quad \dots\dots\dots(22)$$

表 9 噪声修正值

单位为分贝

测量的最大噪声与背景噪声的差值, $\Delta N$	噪声修正值, $N_c$
3	3
4~5	2
6~10	1
注: $\Delta N = N_{i,max} - N_b$ , $\Delta N$ 取整数。	

### 6.11 耐运输颠簸性能的试验

将试验机包装件装到载重量不小于4 t的载重汽车车厢后部,以25 km/h~40 km/h在三级公路的中级路面上进行100 km以上的运输试验。试验机经运输颠簸试验后,不经调修,按第5章要求进行全面检验,检查结果是否符合5.11的要求。

### 6.12 电器设备的检查

电器设备应使用绝缘电阻测试仪和耐电压测试仪进行测量、试验或观测检查,检查结果是否满足5.12的要求。

### 6.13 其他要求的检查

试验机的基本要求、装配质量、机械安全防护和外观质量等要求应按GB/T 2611—2022中第4章、第5章、第6章和第10章的规定的内容进行实际检测或检查,判断是否满足5.13的要求。

## 7 检验规则

### 7.1 出厂检验

7.1.1 出厂检验项目为除5.8和5.11以外的第5章全部要求。

7.1.2 出厂检验主要项目的实测数据应记入产品合格证中。产品取得合格证方能出厂。

### 7.2 型式检验

7.2.1 型式检验项目为第5章规定的全部技术要求。

7.2.2 有下列情况之一时应进行型式检验:

- a) 新产品试制或老产品转厂生产的定型鉴定时;
- b) 产品正式生产后,其结构设计、材料、工艺及关键的配套元器件有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 产品长期停产后恢复生产时。

### 7.3 判定规则

7.3.1 对于出厂检验,每台试验机出厂检验项目的合格率应达到100%方为合格。

7.3.2 对于型式检验,如样品出现不合格项,则判定样品为不合格品。当批量不大于50台时,抽样2台,若检验后样本中有1台为不合格品,则判定该批产品为不合格批;当批量大于50台时,抽样5台,若检验后样本中出现2台或2台以上的不合格品,则判定该批产品为不合格批。

## 8 标志与包装

### 8.1 标志

8.1.1 试验机应有铭牌,其内容包括:

- a) 名称;
- b) 型号;
- c) 试验机最大试验力;
- d) 试验机级别;

- e) 生产日期、编号；
- f) 制造者名称或标志。

8.1.2 对于执行本文件的产品，应在产品或产品使用说明书上标明本文件编号和名称。

## 8.2 包装

8.2.1 试验机的包装为防水、防潮、防锈组合的复合防护包装。

8.2.2 试验机的包装应符合 JB/T 6147—2007 中 5.6.1、5.6.2 和 5.6.4 的规定。

8.2.3 试验机包装的收发货标志和包装储运图示标志应符合 JB/T 6147—2007 中第 6 章的规定。

## 9 随行技术文件

随试验机应提供下列文件：

- a) 装箱单；
- b) 产品合格证；
- c) 使用说明书。

参 考 文 献

- [1] GB/T 38250—2019 金属材料 疲劳试验机同轴度的检验
- [2] GB/T 16825.1—2022 金属材料 静力单轴试验机的检验与校准 第1部分:拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准
- [3] ISO 376 Metallic materials—Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines
-