ICS 19.060

N 71

备案号：

中华人民共和国机械行业标准

**JB/T**××××-201×

──────────────────────────────────

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

固体材料原位弯曲—扭转复合力学性能测试系统

In-situ testing systems of bend- torsional combined mechanical properties for solid materials

（征求意见稿）

201×-××-××发布201×-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

[前言 I](#_Toc430357364)

[1 范围 1](#_Toc430357365)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc430357366)

[3 术语和定义及符号 1](#_Toc430357367)

[3.1 术语和定义 1](#_Toc430357368)

[3.2 符号 1](#_Toc430357369)

[4 技术要求 2](#_Toc430357370)

[4.1 环境与工作条件 2](#_Toc430357371)

[4.2 一般要求 2](#_Toc430357372)

[4.3 试样夹头 2](#_Toc430357373)

[4.4 弯矩加载系统 2](#_Toc430357374)

[4.5 扭矩加载系统 3](#_Toc430357375)

[4.6 力矩测量系统 3](#_Toc430357376)

[4.7 变形测量系统 3](#_Toc430357377)

[4.8 成像装置 3](#_Toc430357378)

[4.9 控制系统 3](#_Toc430357379)

[4.10 安全保护装置 3](#_Toc430357380)

[4.11 耐运输颠簸性能 4](#_Toc430357381)

[4.12 电气设备 4](#_Toc430357382)

[4.13 其他要求 4](#_Toc430357383)

[5 检验方法 4](#_Toc430357384)

[5.1 检验条件 4](#_Toc430357385)

[5.2 检验用器具 4](#_Toc430357386)

[5.3 一般要求的检查 4](#_Toc430357387)

[5.4 试样夹头的检测 4](#_Toc430357388)

[5.5 弯矩加载系统的检测 4](#_Toc430357389)

[5.6 扭矩加载系统的检测 5](#_Toc430357390)

[5.7 力矩测量系统的检测 5](#_Toc430357391)

[5.8 变形测量系统的检测 6](#_Toc430357392)

[5.10 控制系统的检测 6](#_Toc430357393)

[5.11 安全保护装置的检测 7](#_Toc430357394)

[5.12 耐运输颠簸性能试验 7](#_Toc430357395)

[5.13 电气设备的检测 7](#_Toc430357396)

[5.14 其他要求的检查 7](#_Toc430357397)

[6 检验规则 7](#_Toc430357398)

[6.1 出厂检验 7](#_Toc430357399)

[6.2 型式检验 7](#_Toc430357400)

[6.3 判断规则 7](#_Toc430357401)

[7 标志、包装与随行文件 7](#_Toc430357402)

[7.1 标志 8](#_Toc430357403)

[7.2 包装 8](#_Toc430357404)

[7.3 随行文件 8](#_Toc430357405)

1. 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国试验机标准化技术委员会（SAC/TC122）归口。

本标准起草单位：吉林大学、长春机械科学研究院有限公司、广州大学、

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

固体材料原位弯曲—扭转复合力学性能测试系统

# 1范围

本标准规定了固体材料原位弯曲—扭转复合力学性能测试系统的术语和定义、技术要求、检验方法、检验规则、标志与包装等内容。

本标准适用于最大弯曲力矩不超过50Nm、最大扭矩不超过15Nm、用于原位监测固体材料力学性能试验的悬臂式弯曲-扭转复合力学性能测试系统(以下简称测试系统)。

# 2规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2611-2007试验机 通用技术要求

JB/T 6147-2007试验机包装、包装标志、储运技术要求

# 3术语和定义及符号

## 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1**固体材料solid material**

常温下以固体状态存在的材料。常见的固体材料有金属材料、无机非金属材料及高分子材料等。

3.1.2**成像装置imagingdevice**

测试系统中实时监测、追踪、显示和记录被测试样材料的组织形貌的装置。

示例：光学显微镜、扫描电子显微镜、高速摄像仪等。

3.1.3**原位监测 in-situ monitoring**

在试验过程中，测试系统通过成像装置对试样的微观变形、损伤、组织形貌等进行全程实时监测。

## 3.2 符号

本标准使用的符号、单位和说明见表1。

表1 符号、单位和说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 符号 | 单位 | 说明 |
| *Di* | °（度） | 对应第i检测点的标准扭角 |
|  | °（度） | 第i检测点3次挠度示值的算术平均值 |
| *D*imax、*D*imin | °（度） | 第i检测点3次挠度示值的最大值和最小值 |
| *J*i | Nm | 对应第i检测点的被检指示值 |
| *Ls* | m | 力臂长度的标称值 |
|  | m | 力臂实际长度的算术平均值 |
|  | Nm | 第i检测点标准力矩仪3次进程示值的算术平均值 |
| *M*c | Nm | 测试系统在该测量档的测量上限值 |
| *M*imax、*M*imin | Nm | 第i检测点标准力矩仪3次进程示值的最大值和最小值 |
| *M*oy | Nm | 卸除力矩后的残余力矩示值 |
| *M*r | Nm | 各测量档测量下限的力矩值 |
| *r* | Nm | 指示装置的分辨力 |
| 、 | s | 第i检测点，主动夹头3次扭转至规定转角*ϕ*i所需时间的最大值、最小值 |
|  | s | 第i检测点，主动夹头3次扭转至规定转角*ϕ*i所需时间*t*ij的算数平均值 |
|  | m/s | 对应第i检测点的标称扭转速度 |
|  | 无 | 力臂长度的相对误差 |
| *ϕi* | °（度） | 对应第i检测点的标准扭角 |
|  | °（度） | 第i检测点3次扭转角示值的算术平均值 |
| *ϕ*imax、*ϕ*imin | °（度） | 第i检测点3次扭转角示值的最大值和最小值 |

# 4技术要求

## 4.1环境与工作条件

在下列条件下测试系统应正常工作：

1. 室温10℃~35℃，温度变化不大于2℃；
2. 相对湿度范围30％～60％；
3. 电源电压的允许波动范围为220V±22V；
4. 周围无振动、无腐蚀性介质和无电磁干扰；
5. 在稳固的基础上正确安装，水平度不大于0.2/1000。

## 4.2一般要求

4.2.1测试系统应布置在隔震台上，宜采用立式布置。

4.2.2测试系统主机应能搭载成像装置，且能预留出水平及竖直方向足够大的行程范围，以便对被测试样特定区域观测位置进行调整。

4.2.3测试系统机架应具有足够的刚度和试验空间，能方便地进行试验并便于试样和夹头等装卸，便于检测时标准器具的装卸。

4.2.4测试系统在力矩加载和卸载的过程中应平稳，无冲击和共振现象。

4.2.5测试系统应具有单独进行弯曲试验、扭转试验和进行弯曲-扭转复合试验的功能，并能够在试验过程中实现原位监测。

4.2.6测试系统中的测量控制系统和成像装置不应产生相互电磁干扰。

## 4.3试样夹头

4.3.1测试系统应具有一个不动夹头和一个主动夹头。不动夹头在实验过程中不发生运动，用于固定试样的一端。主动夹头在实验过程中跟随力矩加载系统进行运动，用于对试样施加弯矩和扭矩载荷。

4.3.2测试系统的试样夹头应满足：

a）在试验过程中，夹持试样可靠，被测试样与夹头的接触区域无显著相对滑动；

b）施加力矩后，夹头与试样接触的部位应无损伤；

c）应具有互换性。

## 4.4弯矩加载系统

4.4.1扭矩加载过程中弯矩加载系统应能正常工作。

4.4.2弯矩施加机构的力臂长度最大允许相对误差为±0.3％。

## 4.5扭矩加载系统

4.5.1弯矩加载过程中扭矩加载系统应能正常工作。

4.5.2扭矩加载的速度应满足：

a）扭转速度的示值相对误差的最大允许值为±1.0％；

b）扭转速度的示值重复性不大于1.0％。

## 4.6力矩测量系统

4.6.1力矩测量系统的指示装置应能同时、实时、连续、准确地指示出施加在试样上的弯矩和扭矩值，应具备调零或清零功能、保存功能和方向识别功能。

4.6.2测量系统的零点漂移在15min内不应超出测量范围下限的±1.0％。

4.6.3试样断裂或卸除试验力矩后，应能准确地指示出施加在试样上的最大试验力矩值。

4.6.4测量系统指示装置的示值相对误差、示值重复性、回零误差和相对分辨力的技术指标应符合表2的规定。

表2力矩测量系统性能指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 性能指标 | | 示值误差 | 示值重复性 | 零点误差 | 相对分辨力 |
| 准确度级别 | 1 | ±1.0% | 1.0% | 1.0%FS | 0.5% |

## 4.7变形测量系统

4.7.1变形测量系统的指示装置在试验过程中应能实时连续显示读数，应能清零、调零并能识别变形变化方向。

4.7.2测量系统指示装置的示值误差、示值重复性、相对分辨力应符合表3的规定。

表3变形测量系统性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 性能指标 | | 示值误差 | 示值重复性 | 相对分辨力 |
| 准确度级别 | 1 | ±1.0% | 1.0% | 0.5% |

## 4.8成像装置

4.8.1成像装置应能确保试样上拟定观测点始终处于成像装置的视场内，且被测点初始位置与最大浮动位置（含宽度方向和长度方向）的距离不应超过成像视野宽度及高度的50%。

4.8.2成像装置在原位监测中应确保成像清晰、具有良好的对比度。

## 4.9控制系统

4.9.1控制系统应采用闭环控制方式，具有应力（力矩）、应变（变形）控制方式。在不同控制方式转换过程中测试系统的运行应平稳。

4.9.2在可控制的应力速率范围内，应力速率相对误差的最大允许值为±2%，应力保持相对误差最大允许值为±2%。

4.9.3在可控制的应变速率范围内，应变速率相对误差的最大允许值为±2%，应变保持相对误差最大允许值为±2%。

4.9.4 变形速度相对误差最大允许值为±2%。

## 4.10安全保护装置

4.10.1测试系统的力矩过载保护装置应灵敏、可靠，当施加的弯矩或扭矩超过每档量程上限的2%—5%时，过载保护装置应能够立即动作，自动停机。

4.10.2力矩或变形超过设定值时，安全装置应立即动作，自动停机。

4.10.3测试系统在试样断裂后应自动停机。

## 4.11耐运输颠簸性能

测试系统及其附件在包装条件下，应能承受运输颠簸试验而无损坏。颠簸试验后，测试系统不经修调（不包括操作程序准许的正常调整）仍应符合本标准的全部要求。

## 4.12电气设备

测试系统的电气设备应符合GB/T 2611-2007中第7章的规定。

## 4.13其他要求

测试系统的装配质量、机械安全防护和外观质量等应符合GB/T 2611-2007中第3章、第4章和第10章的要求。

# 5检验方法

## 5.1检验条件

测试系统应在4.1中规定的条件下进行检验。

## 5.2检验用器具

测试系统检测和校准用的计量仪器与检具如下：

a）0.3级标准力矩测量仪；

b）千分尺；

c）准确度等级不低于5级的光电轴角编码器；

d）0.02mm/m的水平仪；

e）工作长度为150mm、圆柱度不大于0.009mm的检验棒；

f）分度值不大于0.01mm的百分表；

g）分度值不大于0.01s的电子秒表；

h）测量范围不小于150mm、分度值不大于0.02mm的游标卡尺；

i）允许误差不大于±0.15%的位移标定仪；

j）通用量具。

## 5.3 一般要求的检查

5.3.1正常启动测试系统进行常规试验，在试验过程中观测检查4.2.1~4.2.5。

5.3.2调整成像装置达到稳定成像状态，开启测试系统测控系统，检查是否对成像质量产生影响；调整测控系统达到测量值稳定状态，开启成像装置，检查是否对测试系统测量值产生影响。检查结果应符合4.2.6要求。

## 5.4试样夹头的检测

正常启动测试系统进行常规试验，在试验过程中观测检查4.3.1、4.3.2。

## 5.5弯矩加载系统的检测

正常启动测试系统进行常规试验，在试验过程中观测检查4.4.1。

用千分尺测量不动夹头上端面至试样在主动夹头内夹持部分中心点的距离，该距离为弯矩力臂的实际长度。测量次数不少于3次，测量结果应满足4.4.2的要求。力臂长度相对误差按式（1）进行计算。

（1）

## 5.6扭矩加载系统的检测

正常启动测试系统进行常规试验，在试验过程中观测检查4.5.1。

扭转速度固定或分级的，按照标称速度选择检测最低、中间、最高三点速度。扭转速度连续可调的，在测量下限至测量上限范围内大致均匀分布检测不少于3点。当扭转速度大于等于360°/min时，采用秒表进行测量，检测角度应为360°的整数倍。在测试系统上安置一个固定指针，指针对准主动夹头的刻线，按设定的转速驱动主动夹头，用秒表测量夹头扭转至规定转角*ϕ*i所需的时间*t*ij，重复此测量过程3次。当扭转速度小于360°/min时，采用光电编码器测量系统和秒表进行测量，检测时间不应少于2min。将光电编码器的传动轴同轴串入主动夹头、传感器壳体适当固定不动。按设定的转速驱动主动夹头，用秒表测量光电编码器的示值达到规定转角*ϕ*i所需的时间*t*ij，重复此测量过程3次。

扭转速度的示值相对误差*ω*i和示值重复性*b*i按式（2）和（3）计算：

（2）

（3）

检测结果应符合4.5.2要求。

## 5.7力矩测量系统的检测

正常启动测试系统进行常规试验，在试验过程中观测检查4.6.1、4.6.2、4.6.3。

将主动夹头与标准力矩测量仪的检测端固定连接，通过控制弯矩加载系统或扭矩加载系统的运动，读取标准力矩测量仪示值。测量范围内检测应不少于5个点，各点大致均匀分布。逐点递增施加力矩，至各检测点保持稳定后记录相应进程示值，至测量上限后逐渐递减卸除力矩。第一遍检测结束卸除力矩后间隔30秒记取回零示值。检测过程连续进行3遍，每次检测前均应将示值指示装置调零。

以测试系统力矩指示值*J*i为依据，在标准力矩仪上读取示值*M*bi时，按公式（4）、（5）和（6）计算各级示值相对误差*w*和示值重复性*b*和回零误差*f*0：

（4）

（5）

（6）

目测检查力矩指示装置的相对分辨力，若示值的变动不大于一个增量，则应为数字示值的一个增量，否则应为数字示值变动范围的1/2。分辨力r等于可读能力与分度值的乘积。指示装置相对分辨力*a*按公式（7）计算：

（7）

检测结果应符合表2规定要求。

## 5.8变形测量系统的检测

正常启动测试系统进行常规试验，在试验过程中观测检查4.7.1。

进行弯曲变形测量装置的检测时，将主动夹头微量弯摆，目测检查挠度测量装置的分辨力，若示值的变动不大于一个增量，则应为数字示值的一个增量，否则应为数字示值变动范目的1/2。弯曲测量系统指示装置相对分辨力*a*按公式（7）计算。采用百分表作为标准器检测挠度变形测量装置的示值，在测量范围内尽量均匀分布取5点检测。检测点的挠度示值相对误差*Dδ*和示值重复性*DR*按公式（8）、（9）计算：

（8）

（9）

进行扭转变形测量装置的检测时，将主动夹头微量转动，目测检查扭转变形测量装置的分辨力（对于位数浮动显示的，先使主动夹头转动到测量上限附近再观察确定），若示值的变动不大于一个增量，则应为数字示值的一个增量，否则应为数字示值变动范围的1/2，扭转变形装置的分辨力应符合表2的技术要求。采用光电轴角编码器作为标准器检测扭转变形装置的示值，在0.1°~12°范围内取0.1°、0.3°、0.5°、0.8°、1°、3°、5°、8°、10°、12°等10点；在12°~360°范围内尽量均匀分布取5点检测。检测点的扭转角示值相对误差*ϕδ*和示值重复性*ϕR*按公式（10）、（11）计算：

（10）

（11）

检测结果应符合表3规定要求。

5.9成像装置的检测

在进行原位监测过程中测量成像装置成像视野的宽度和高度，测量结果应满足4.8.1的要求，同时观测检查4.8.2。

## 5.10控制系统的检测

5.10.1选择一根合适试样进行应力速率控制和应变速率控制试验，并在试验过程中变换控制模式。试验结束后，检查应力－应变曲线、应力－时间曲线、应变－时间曲线，并应满足4.9.1要求。

5.10.2在应力－时间曲线上选取应力参考点，选点位置为应力速率控制段的10%和90%处附近，计算实际的应力速率与应力速率设定值的相对误差，并应满足4.9.2有关应力速率的要求。

5.10.3在应变－时间曲线上选取应变参考点，选点位置为应变速率控制段的10%和90%处附近，计算实际的应变速率与应变速率设定值的相对误差，并应满足4.9.3、4.9.4有关应力速率的要求。

5.10.4选择一根合适试样进行应力保持和应变保持控制试验，试验结束后，分析应力－时间曲线、应变－时间曲线，计算应力保持相对误差、应变保持相对误差，其结果应分别满足4.9.2、4.9.3和4.9.4的要求。

## 5.11安全保护装置的检测

5.11.1选择一个在测试系统最大力矩下不产生屈服的试样装夹到测试系统上，启动测试系统后缓慢加力，当施加的力矩超过测试系统最大容量的2%~5%时，安全保护装置应满足4.10.1的要求。

5.11.2启动测试系统，让夹头以测试系统最高速度运动，当移动夹头达到其工作范围的极限位置时，限位装置应满足4.10.2的要求。

5.11.3选择一根在测试系统最大力矩下能断裂的试样，启动测试系统缓慢施加力矩，当试样断裂时，安全保护装置应满足4.10.3的要求。

## 5.12耐运输颠簸性能试验

将测试系统的包装件装载到载重量不小于4t的载重汽车车厢后部，以不低于25km/h的速度，在三级公路的中级路面上进行100km以上的运输试验，试验后重新进行检验且应满足4.11的要求。

## 5.13电气设备的检测

电气设备的绝缘电阻应使用绝缘电阻测试仪检测，耐电压性能使用耐电压测试仪进行检测，检测结果应满足4.12的要求。

## 5.14其他要求的检查

测试系统的装配质量、机械安全防护和外观质量应按GB/T 2611-2007中第4章和第10章的规定进行实际测量或目测检查，检测结果应满足4.13的要求。

# 6检验规则

## 6.1出厂检验

除4.13外，测试仪出厂应按本标准的全部技术要求进行检验，每台测试仪全部检验项目的合格率应达到100%为合格，取得合格证才能出厂。出厂检验的主要项目的实测数据应记入随行文件中。

## 6.2型式检验

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；

b）产品正式生产后，其结构设计、材料、工艺以及关键的配套元器件有较大改变能够影响产品性能时；

c）正常生产后，定期或积累一定产量后，应周期性进行一次检验；

d）不经常生产的产品再次生产时；

e）对批量生产的产品进行抽查时；

f）国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

## 6.3判断规则

一般批量生产的产品每次抽样不少于两台。若检验后有一台不合格就要加倍抽样进行重复检验，重复检验仍有一台不合格，即判该批产品为不合格批。

# 7标志、包装与随行文件

## 7.1标志

7.1.1测试系统应具有铭牌，其内容包括：

a）名称；

b）型号；

c）制造日期；

d）编号；

e）制造者名称。

7.1.2包装箱上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。

7.1.3对于执行本标准的产品，应在产品上或产品使用说明书中标明本标准编号和名称。

## 7.2包装

7.2.1测试系统的包装应为防水、防尘、防锈组合的复合防护包装。

7.2.2测试系统的包装应符合JB/T 6147—2007中5.6.1、5.6.4和5.6.6的规定。

## 7.3随行文件

随同测试仪应提供下列文件：

a）产品使用说明书；

b）产品出厂合格证；

c）装箱单。

控制软件

主轴平台

马达

位移传感器

成像元件

采集卡

测试仪闭环控制图

成像

试样