

中华人民共和国国家标准

GB/T 4337—2008

代替 GB/T 2107—1980, GB/T 4337—1984, GB/T 7733—1987

金属材料 疲劳试验 旋转弯曲方法

Metallic materials—Fatigue testing—Rotating bar bending method

2008-08-05 发布

2009-04-01 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
金属材料 疲劳试验 旋转弯曲方法
GB/T 4337—2008

*

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 33 千字
2008年12月第一版 2008年12月第一次印刷

*

书号:155066·1-34814 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

前 言

本标准根据 ISO/DIS 1143:2008 金属材料 旋转弯曲疲劳试验方法(英文版),采用翻译法起草,在文本结构和技术内容方面与 ISO/DIS 1143:2008 一致,但根据我国编写标准的有关规定做了如下编辑性修改:

- 用“本标准”代替“本国际标准”;
- 用中文的句号“。”代替英文的小数点符号“.”;
- 增加了本标准的前言。

本标准代替 GB/T 2107—1980《金属高温旋转弯曲疲劳试验方法》、GB/T 4337—1984《金属旋转弯曲疲劳试验方法》和 GB/T 7733—1987《金属旋转弯曲腐蚀疲劳试验方法》。本标准与 GB/T 2107—1980、GB/T 4337—1984 和 GB/T 7733—1987 相比主要变化如下:

- 标准的结构上发生了重大改变,本标准按照 GB/T 1.1—2000 重新组织了编写,由原国标的 7 章增加为 12 章,为了与国际标准一致,将原国标附录的内容更改为“旋转弯曲疲劳试验机弯距的校验”,并由资料性附录变为“规范性附录”。原国标附录中的主要内容并入本标准正文的第 7 章“试样制备”;
- 本国标将三个原国标的范围合并,改为“本标准适用于金属材料在室温和高温空气中试样旋转弯曲的条件下进行的疲劳试验,其他环境(如腐蚀)下的也可参照本标准执行”;
- 在第 4 章中增加了杠杆比和力臂的定义和符号,将原国标中“条件疲劳极限”改为“耐久极限应力”,GB/T 10623 中已有的相关术语“应力比”、“疲劳寿命”、“S-N 曲线图”、“应力集中系数”和“存活率”不再单独列出;删除了原腐蚀疲劳试验方法中关于腐蚀的术语和定义;
- 在第 7 章与原国标相比增加了“取样和标记”、“试样的表面状态”和“尺寸检查”等新的要求。在“7.3 加工过程”中将原国标的附录内容补充进来,另外增加了两条注;
- 在第 9 章补充了原国标高温旋转弯曲疲劳试验的内容;
- 在第 10 章较原国标增加了“10.2 加载”和“10.4 高温试验步骤”;
- 原 GB/T 7733—1987 中腐蚀试验条件和腐蚀试验装置的操作未单独列出;
- 增加了一个新的规范性附录 A“旋转弯曲疲劳试验机弯距的校验”;
- 增加了图 11 旋转弯曲疲劳试验机的原理图、图 A.1 分力测量装置的示意图和图 A.2 力臂测量的原理图。

本标准的附录 A 是规范性附录。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:钢铁研究总院,冶金工业信息标准研究院,北京有色金属研究总院。

本标准主要起草人:高怡斐、董莉、王福生。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 2107—1980;
- GB/T 4337—1984;
- GB/T 7733—1984。

金属材料 疲劳试验 旋转弯曲方法

1 范围

本标准规定了金属材料旋转棒弯曲疲劳试验方法。

本标准适用于金属材料在室温和高温空气中试样旋转弯曲的条件下进行的疲劳试验,其他环境(如腐蚀)下的也可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法(GB/T 3075—2008,ISO 1099:2006,MOD)

GB/T 10623 金属材料 力学性能试验术语(GB/T 10623—2008,ISO 23718:2007,MOD)

GB/T 13634 试验机检验用测力仪的校准(GB/T 13634—2000,ISO 376:1999,IDT)

ISO/R 554 标准大气的条件和/或试验标准参考大气的说明

ISO 12106 金属材料 疲劳试验 轴向应变控制方法

ISO 12107 金属材料 疲劳试验 疲劳数据的统计和分析方法

3 试验原理

试样旋转并承受一弯矩。产生弯矩的力恒定不变且不转动。试样可装成悬臂,在一点或两点加力;或装成横梁,在四点加力。试验一直进行到试样失效或超过预定应力循环次数。

4 术语和定义

GB/T 10623 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

4.1

疲劳 fatigue

金属材料在交变应力或应变作用下产生裂纹或失效,材料性能的变化过程。

4.2

杠杆比 machine lever ratio

M_L

施力杠杆比,对于同类的旋转弯曲疲劳试验机,它是由试验机厂家提供的固定数值。

4.3

力臂 moment arm

L

支点与加力点之间的距离,见图 A.2。对于四点弯曲加力 L_1 和 L_2 应相等。

4.4

耐久极限应力 endurance limit stress

对应于规定循环周次例如 10^7 或 10^8 ,施加到试样上而试样没有发生失效的应力范围。

5 符号和名称

本标准的符号和名称见表 1。

表 1 符号和名称

符 号	名 称	单 位
D	试样夹持部分的直径	mm
d	试样应力最大部位的直径	mm
N_f	疲劳寿命	周次
r	试样夹持部分与试验部分之间过渡圆弧半径	mm

6 试样的形状与尺寸

6.1 试验部分的形状

试验部分可以是：

- a) 圆柱形(见图 1、图 4 和图 5)；
- b) 圆锥形(见图 2)；
- c) 漏斗形(见图 3、图 6 和图 7)。

上述的每种形状，试验部分都应是圆形横截面。

试验部分的形状应根据所用试验机的加力方式设计。对于圆柱形或漏斗形试样可以简支梁或悬臂梁一点或两点加力，圆锥形试样只能采用悬臂梁单点加力方式。图 1 到图 7 为各种方式的原理图，显示了各种情况下的弯矩和名义应力图。

不同类型的试样给出的疲劳试验结果可能不同。推荐试验采用使尽可能多的材料体积承受高应力。

注：对于某些材料，高应力和高速旋转可能会引起试样发热。如果出现这种情况，应减小试样承受高应力的材料体积。如果采用冷却试样的方式，冷却介质不得与试验材料发生反应。应选取与试样发生最小反应的介质，试验介质应在报告中注明。

6.2 试样尺寸

同一批疲劳试验所使用的试样应具有相同的直径、相同的形状和尺寸公差。

为了准确计算施加的力，每支试样实际最小直径的测量应精确至 0.01 mm。试验前应确保测量试样尺寸时不损伤试样表面。

对于承受恒定弯曲的圆柱形试样(见图 4 和图 5)试验部分的平行度应保证在 0.025 mm 以内。对于其他形状的圆柱形试样(见图 1)试验部分的平行度应保证在 0.05 mm 以内。试样夹持部分与实验部分的过渡圆弧半径不应小于 $3d$ 。对于漏斗形试样，试验部分的圆弧半径不应小于 $5d$ 。

图 8 显示了圆柱形试样的形状和尺寸。推荐直径 d 为 6 mm、7.5 mm 和 9.5 mm。直径 d 的偏差为 ± 0.05 mm。图 9 为推荐的高温疲劳试验圆弧形光滑试样(危险截面)。

注 1：最小横截面直径通常为 6 mm、7.5 mm 和 9.5 mm。直径的偏差应 $\leq 0.005 d$ 。

注 2：由于缺口试样的形状和尺寸没有标准化，本标准不覆盖缺口疲劳试验。然而，本标准描述的疲劳试验过程可以适用于缺口疲劳试样。

6.3 试样夹持部分的形状和尺寸

试样夹持部分的形状和尺寸应根据试验时采用的试验机设计。

经验表明对于螺纹夹持的试样，螺纹部分的横截面积与试验部分的横截面积之比不应小于 3。

7 试样制备

7.1 总则

在测定材料的旋转棒弯曲疲劳特性试验时，应注意以下试样制备的要求。如果试验程序是为了测定与试样制备要求不相符的某一因素(表面处理、氧化等)的影响，就有可能偏离试样制备的要求。各种

情况的任何偏离都应在报告中注明。

7.2 取样和标记

取样部位、取样方向和试样类型应按有关产品标准或双方协议。

从半成品或零件上取样对试验结果会有影响。因此很有必要在完全了解情况的条件下取样。

取样图应附加到试验报告,应清晰地表明:

- 每支试样的位置;
- 半成品产品加工的特征方向(轧制方向,挤压方向等);
- 每支试样的标识。

试样在加工的每个阶段都应有标识。应采取可靠的方法保证加工过程中标识不会消失或影响试验的结果。

7.3 加工过程

机械加工可能在试样表面产生残余应力。这些残余应力可能是机加工阶段的热梯度或材料变形或显微结构的变化引起的。残余应力的影响在高温疲劳试验时不需考虑,这是因为残余应力在试样保温过程中已全部或部分释放。然而应该采取合适的机加工方式来减小残余应力,尤其是在最终抛光阶段。对于较硬的材料,选取磨削加工工艺更好:

- 磨削:试样磨削前的加工余量为 $\pm 0.1\text{ mm}$,以不超过 0.005 mm/r 的磨削速度进行磨削;
- 抛光:用颗粒逐渐减小的不同砂纸去除掉最后的 0.025 mm 加工余量。推荐最终的抛光方向应沿着试样轴线。

注1:材料显微结构的改变可能由于机加工过程中温度的升高和应变硬化而引起,它可能产生相变或者更多情况下会发生表面的再结晶。由于试验的材料不再是原始材料而导致试验无效。

注2:有些材料由于某些元素或化合物的存在而影响力学性能。典型的例子就是氮离子对钢和钛合金的影响。在切割过程中应避免这些元素。建议在试样保存之前清洗和去油。

7.4 试样的表面状态

试样的表面状态对试验结果有影响。这种影响通常与下列一种或多种因素有关:

- 试样表面粗糙度;
- 表面残余应力的存在;
- 材料显微结构的改变;
- 污染物的引入。

下面的建议将使这些因素的影响降到最小。

表面状态用平均粗糙度或当量值来定量化。在各种试验条件下试样的平均表面粗糙度 Ra 应小于 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 。

另外一个因素是局部的加工划痕。试样的最终加工要去除所有车削过程中的环向划痕。特别建议最终的磨削应是纵向机械抛光。用大约20倍的光学仪器检查试样表面,不允许有环向划痕。

如果在粗加工之后进行热处理,建议在热处理之后进行最终的抛光。如果不可能,应在真空或惰性气体下进行热处理防止试样的氧化。这种情况下残余应力已得到了释放。

这种热处理不应改变被研究材料的显微结构特性。热处理的细节和机加工过程应在试验结果中注明。

7.5 尺寸检查

应在最终完成试样加工后,采取不改变表面状态的方法测量试样直径。

7.6 储存与运输

已制备好的试样应妥善保存以避免任何损伤(接触的划痕,氧化等等)。推荐使用带封头的独立包装的盒子或试管。某些情况下在真空容器或填满硅胶的干燥器中储存样品是必要的。

尽量避免运输试样。在运输过程中不应接触试样标距和试样截面部分。

应特别注意给每支试样标识。要求在试样的两头部标识,保证在试样断裂后,每段试样都容易辨认。

8 试验装置的精度

可使用不同类型的旋转弯曲疲劳试验机(图 11 显示了主要类型旋转弯曲疲劳机的试验原理),但应满足如下要求:

8.1 所施弯矩误差应在±1%以内。

8.2 选择的频率应适合于材料、试样和试验机的组合。对于给定试验系列,试验频率应当相同。试验过程中应避免试样震动。

注 1: 试验频率通常在 15 Hz 到 200 Hz(对应的转速为 900 r/min 到 10 000 r/min)。

注 2: 高速旋转下的试样可能会发生自热,对疲劳寿命和强度的试验结果可能会产生影响。如果发生此类情况,建议降低试验频率。在室温下的试验,试样的自热应引起注意。试样温度不应超过试验材料熔点的 30%,并应记录温度。

注 3: 如果环境的影响很明显,试验结果可能具有频率依赖性。

9 加温装置和温度测量装置

9.1 试样用电阻炉等加热装置加热。

9.2 炉温应保持均匀,试样工作部分应在炉膛长度内,温度梯度不大于 15 °C。

9.3 测量或记录温度所用的热电偶、补偿导线和控温、测温仪表都应定期进行标定。

9.4 温度显示器的分辨率至少为 0.5 °C,温度测量装置的误差应在±1 °C 以内。

10 试验程序

10.1 安装试样

安装每支试样时要避免试验部分承受施加力以外的应力。如果轴承是通过开口销来传递力的,在这种情况下就要求将试样定好位并拧紧避免起始扭应变的产生。

为了避免试验过程中的震动,试样的同轴度和试验机的驱动轴应保持接近的极限值之内。主轴端的最大允许误差为±0.025 mm,对于单点或两点加载悬臂试验机自由端的最大允许误差为±0.013 mm。对于其他类型的旋转弯曲疲劳试验机,实际工作部分两端的径向误差不应大于±0.013 mm。施加力之前应满足所需的同轴度。

10.2 加力

杠杆比应按照本标准的附录 A 进行标定。试验应力按式(1)计算:

四点简支梁试样(图 5 和图 6):

$$\text{应力} \quad S = \frac{M}{W} = \frac{32PL}{\pi d^3} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{对试样施加的力} \quad P = S \frac{\pi d^3}{32L} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{机器加力的重量} = S \frac{\pi d^3}{32L} M_{Lr} \quad \dots\dots\dots (3)$$

悬臂试样和两点简支梁试样(图 1、图 2、图 3、图 4 和图 6):

$$S = \frac{M}{W} = \frac{16P(L-X)}{\pi d^3} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{对试样施加的力} \quad P = S \frac{\pi d^3}{16(L-X)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{机器加力的重量} = S \frac{\pi d^3}{16(L-X)} M_{Lr} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 M ——弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)；
 W ——弯曲系数，单位为立方米(mm³)；
 P ——传递的力，单位为牛顿(N)；
 L ——力臂的长度，单位为毫米(mm)；
 d ——试样直径，单位为毫米(mm)；
 M_L ——机器的杠杆比；

两点加载的简支梁试样 $\chi=0$ 。

每支试样达到全载的总过程应该是相同的。启动试验机，在施力之前使其达到所需要的转速，以递增和连续的方式，平稳而无冲击地将力加到规定值。如果要求特殊的频率，对试验机的转速要做相应调整。

10.3 终止试验

试验一直进行到试样失效或达规定循环次数时终止。如失效位置发生在试样标距以外，则试验结果无效。

10.4 高温试验步骤

10.4.1 当试样用辐射炉加热时，需要控制转动时的试样温度，在疲劳试验中不能使用直接温度测量方法。允许用间接温度测量方法在静态下标定试验温度。

10.4.2 试样加热至规定的试验温度，保温半小时。测量试验温度时，可采用间接测量法（即热电偶的热端不直接接触试样工作表面，而与其相距 1 mm~2 mm）与直接测量法（即热电偶热端直接接触试样工作表面，此测量必须在试验机停止转动的状态下进行）。间接测量温度的方法用于控制试样温度。当客户要求时，需要在报告中提供直接温度测量和间接温度测量的标定记录。

10.4.3 在试验过程中，控制炉温的波动范围见表 2。

表 2 炉温允许的波动范围 单位为摄氏度(℃)

试 验 温 度	温 度 波 动
≤600	±3
>600~900	±4
>900~1 200	±5

10.4.4 温度测量装置在室温发生变化时应稳定在±1℃。

注：在试验过程中，若短时间(<10% N_f)内炉温有降低现象，应将炉温降低期间内的循环次数从总循环数中减去。
如果炉温超温时间大于 10% N_f ，试样断裂或有异常现象，则试验结果无效。

10.5 S-N 曲线的构成

一个试验不连续的预定循环数通常总是依赖于被测材料。对于某些材料的 S-N 曲线在给定的循环数显示明显的斜率变化，例如曲线的后半段平行于水平轴线。也有一些材料 S-N 曲线呈现连续的曲线，最终趋近于水平轴。对于第一种类型的 S-N 曲线，推荐取 10⁷ 耐久寿命，对于第二种类型，推荐取 10⁸ 耐久寿命。疲劳试验的计划参照 ISO 12107。特定的循环数应包括在测定的耐久极限应力范围内。

11 试验结果的表述

11.1 表格的表达形式

当采用表格的报告格式时，表格内容应包括试样标识、试验顺序、试验应力范围、疲劳寿命或试验结束时的循环数。

11.2 图形表达形式

最普遍的疲劳试验数据的图形表达形式是 S-N 曲线，如图 10 所示。以横坐标表示疲劳寿命 N_f ，

以纵坐标表示最大应力,应力范围或应力幅,一般使用线性尺度,也可用对数尺度。用直线或曲线拟合各数据点,即得 S-N 曲线图。当对数寿命呈正态分布时上述过程描述的 S-N 图具有 50% 的存活率。然而类似过程也可用于其他存活率的 S-N 曲线图。

S-N 曲线图上至少应包括材料牌号,材料的级别及拉伸性能,试样的表面状态,缺口试样的应力集中系数(如有要求),疲劳试验的类型,试验频率,环境和试验温度。

12 试验报告

在疲劳试验报告中,试验条件应清晰地注明,并应包括以下信息:

- a) 本国家编号;
- b) 被测材料和材料的冶金特性。材料制造时参照的标准;
- c) 加力方式和所用试验机类型;
- d) 试样的类型,尺寸和表面状态,加力的点数;
- e) 应力循环的频率;
- f) 如果试样自热温度超过 35℃,应注明试样温度;
- g) 每天室温和湿度的最大和最小值(根据协商);
- h) 试验结束判据,例如 2×10^6 或试样完全失效或其他标准;
- i) 试验过程中与要求条件的任何偏离;
- j) 试验结果。

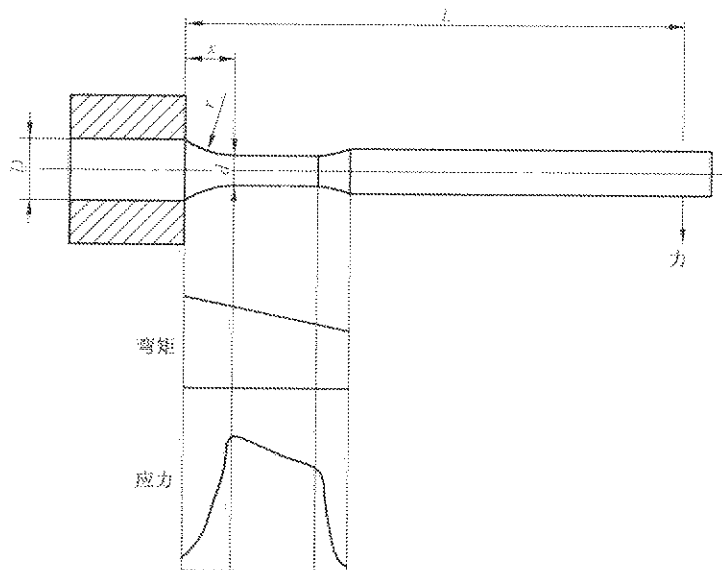


图 1 圆柱形试样——单点加力

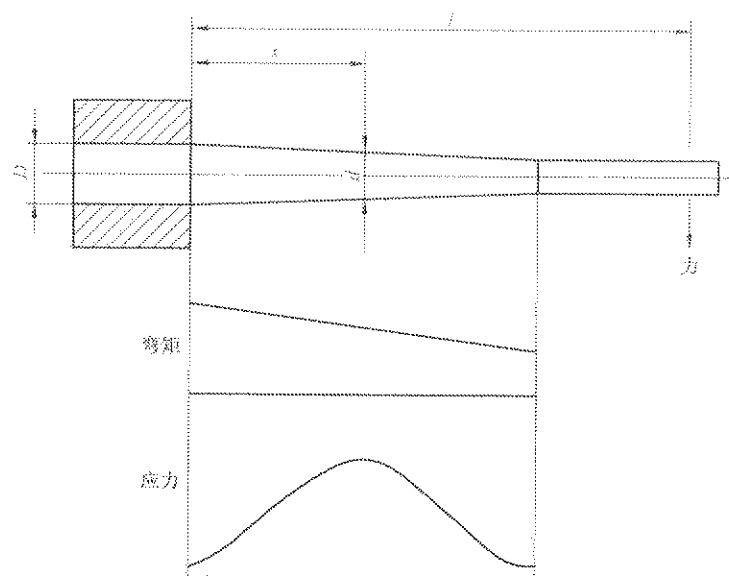


图 2 圆锥形试样——单点加力

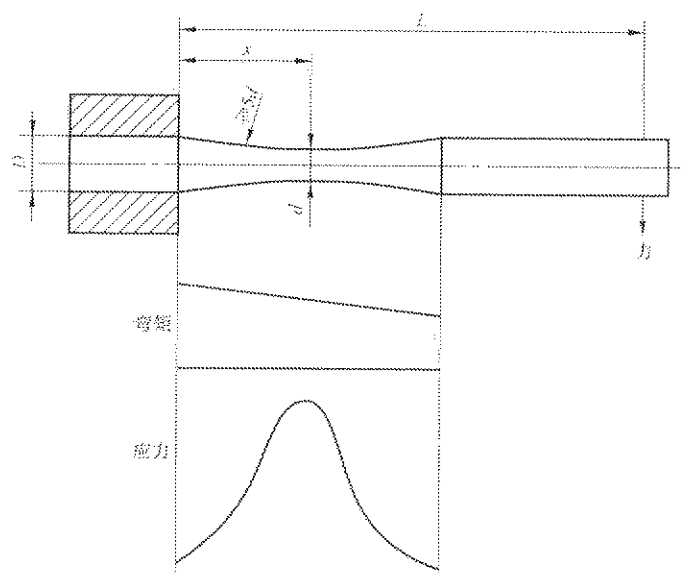


图 3 漏斗形试样——单点加力

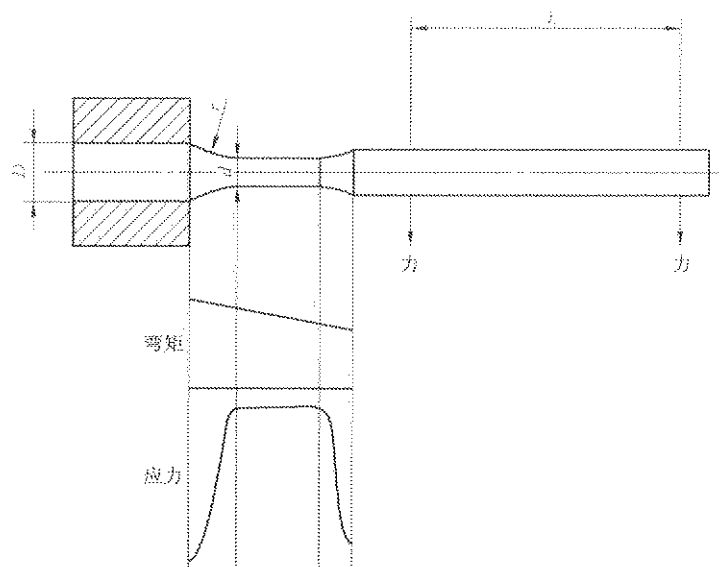


图 4 圆柱形试样——两点加力

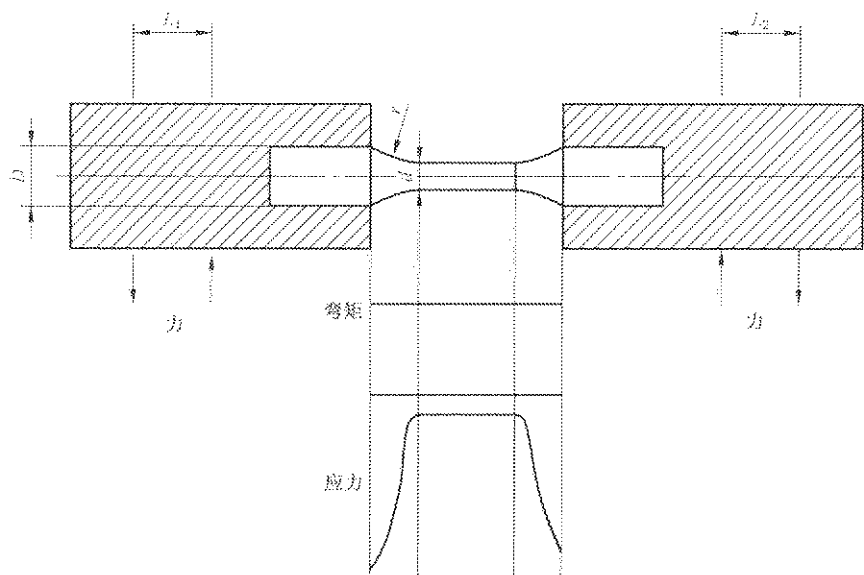


图 5 圆柱形试样——四点加力

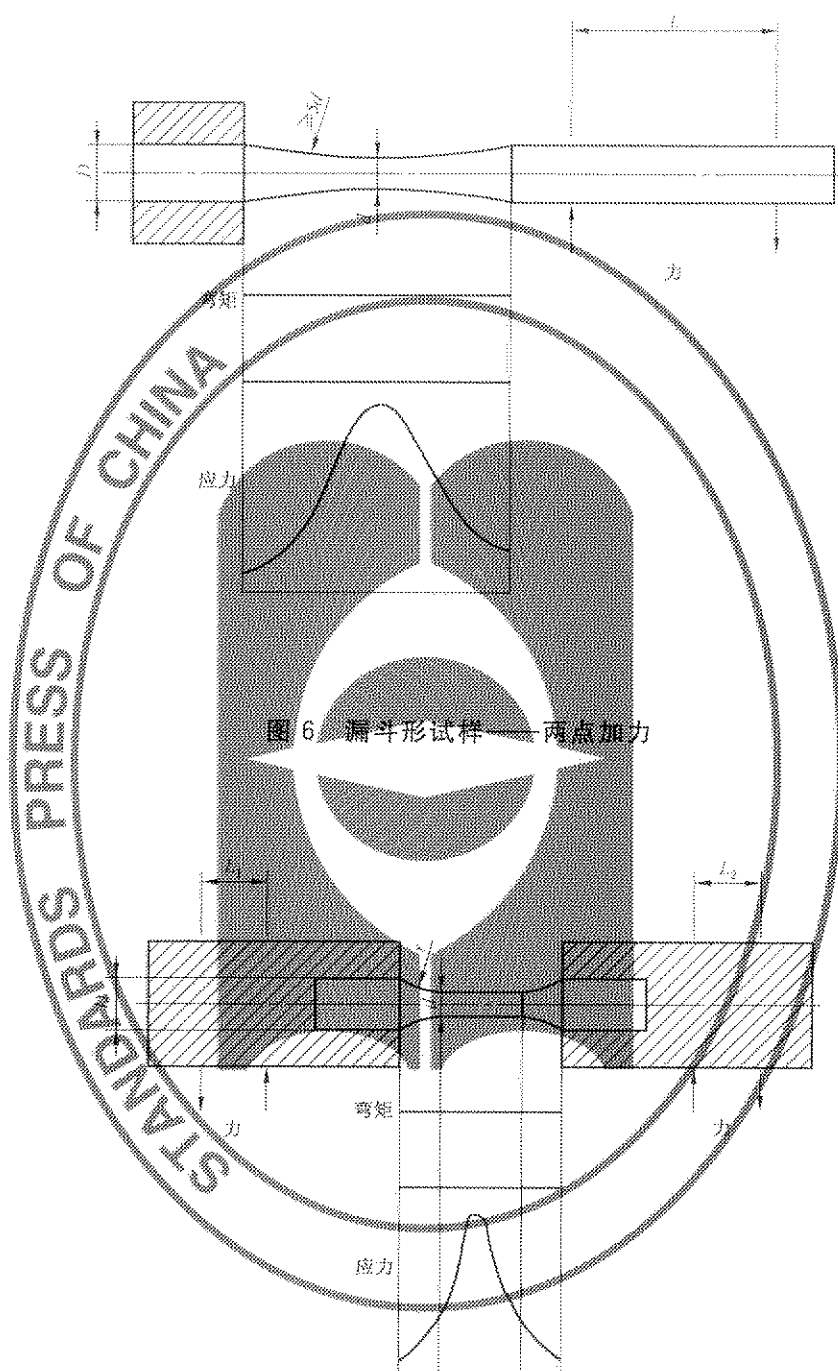


图 7 漏斗形试样——四点加力

单位为毫米

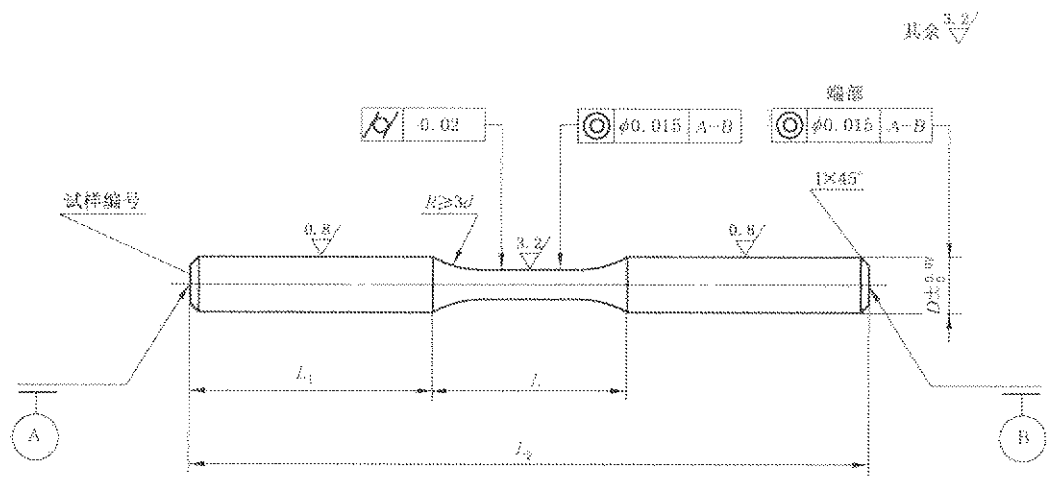


图 8 圆柱形光滑试样

单位为毫米

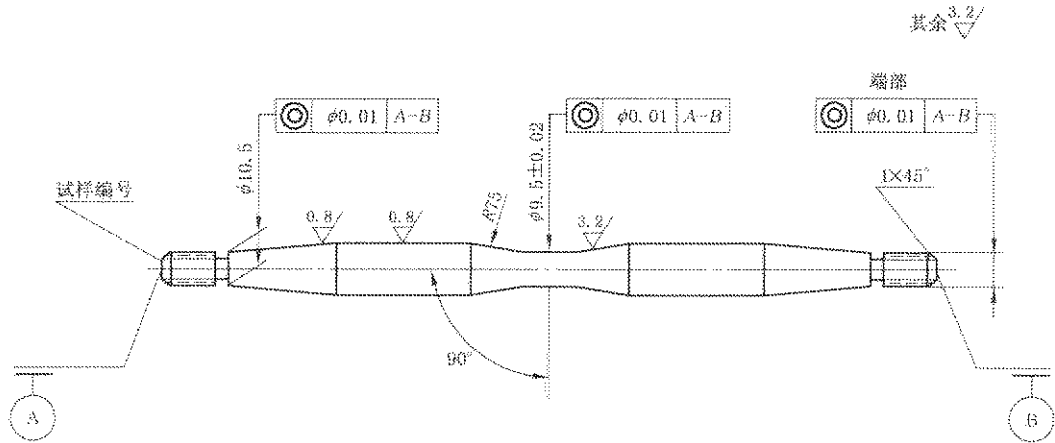
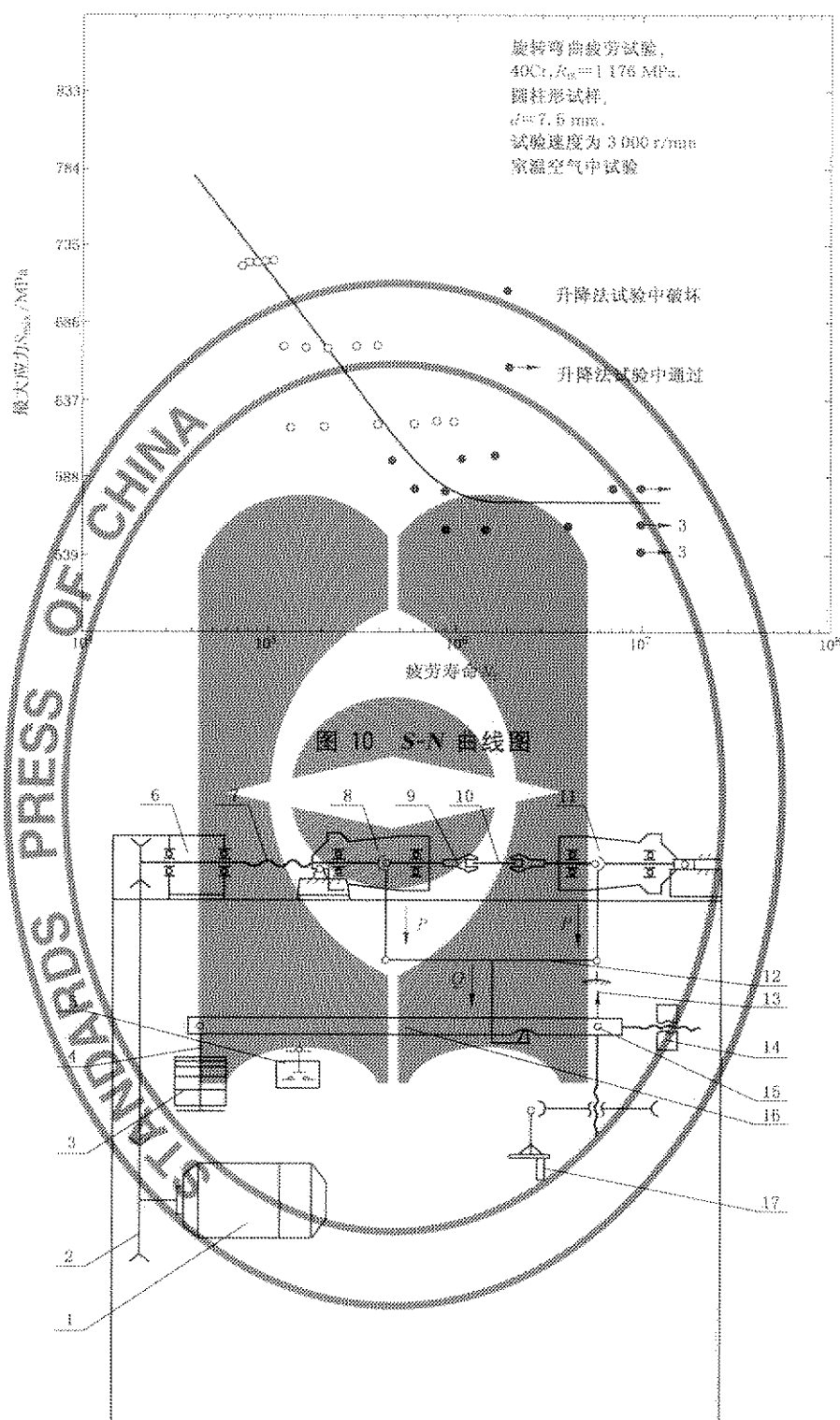


图 9 圆弧形光滑试样



- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| 1——电动机; | 7——软轴; | 13——指针; |
| 2——三角皮带; | 8——左主轴箱; | 14——平衡锤; |
| 3——砝码; | 9——弹簧夹头; | 15——计数器; |
| 4——吊杆; | 10——试样; | 16——杠杆; |
| 5——按钮; | 11——右主轴箱; | 17——手轮。 |
| 6——计数减速器; | 12——吊钩; | |

图 11 旋转弯曲疲劳试验机的原理图

附 录 A
(规范性附录)

旋转弯曲疲劳试验机弯距的校验

A.1 总则

旋转弯曲疲劳试验机的校验方法有两种,这两种方法都可以用,并且能给出可比结果。第一种方法是尺寸测量和后续的计算方法;第二种方法是应变片试样法。

本附录列出了校验设备、校验前的检查、校验步骤、校验数据的评估和接受标准。

A.2 需校验设备

A.2.1 砝码质量

在校验过程中加力的砝码质量的精度应优于或等于 $\pm 0.1\%$ 。

A.2.2 加力单元

用于校验力值的测力仪或加力单元应该按照 GB/T 13634 进行标定。测力仪的等级应等于或优于 1 级。

A.2.3 尺寸测量

用于旋转弯曲疲劳试验机尺寸测量的测微仪或卡尺的分辨力至少为 0.01 mm,测量误差应在 ± 0.03 mm 以内。

A.3 校验前的检查

在校验前应检查试验机各零部件的磨损情况,如有必要,应更换相应部件。任何零部件的更换都应在设备维护记录上注明。

A.4 加力的校验步骤

力值的校验应覆盖旋转弯曲疲劳试验机的工作范围。

A.4.1 试验用砝码质量的校验

试验用砝码的质量每 5 年至少校验一次,砝码质量的误差应在 $\pm 0.1\%$ 以内,并且能溯源到国家基准。

A.4.2 力值的测量

A.4.2.1 同轴度

借助专用分力测量支架与专用连接件,将两个测力仪准确地连到试验机相应测力部位上,见图 A.1。同时两个测力仪的安装应保证主轴线和加力轴线相重合。制造商的产品说明书应提供。

A.4.2.2 温度补偿

校验仪器时要保证足够的时间使温度达到平衡并稳定。记录每一测力过程开始和结束时的温度。必要时利用 GB/T 13634 中的公式对力值系统进行温度修正。

A.4.2.3 系统调整

为了保证试验机处于良好的工作状态,有必要对疲劳试验机和力测量系统在测量的起始力和最大力之间反复 3 次。对于第 3 次施加的力回到零点后,如果必要,将测力仪置零。

A.4.2.4 试验力的选择

力值的校验点数一般不少于 5 点,尽量均匀分布,通常从最大力的 20%(或所用最小力)的较小者开始到试验机的最大力。

A.4.2.5 试验力的施加

逐级均匀分布地施加递增的力,直到最大力,建议重复3遍。每完成一次加力过程,将力完全卸除到零。

确保每一次的加力过程都没有冲击和震动。

A.5 尺寸测量的校验方法

用于校验试验机尺寸的工具应满足 A.2.3 的要求,并应按照供货商产品说明的指导进行。

A.5.1 平均弯距力臂 $\bar{L}$ 的测量

利用测微尺或卡尺在力臂的两侧,测量弯距力臂长度 L (对于四点弯曲试验机为 L_1 和 L_2),重复测量3次(见图1至图7和A.2)。计算各次测量的平均值,并记为平均弯距力臂长度 $\bar{L}$,每次测量之间的差异不应大于5%。

A.6 应变片试样的校验

该方法是实验室利用应变片试样校验试验机。该方法的试样沿着试样轴线在标距长度的最小横截面处粘贴一个或两个应变片。如果是两个应变片,两应变片的夹角为 180° 。

A.6.1 悬臂梁试验机

应变片试样安装在试验机马达一侧,不与弯距力臂侧相连。应变片与应变片调节箱相连,并检查信号的连续性。应变片试样、试验机各部件和电子仪器应在试验环境下稳定30 min。稳定后将各个电子信号调零。对应变片试样施加弯曲力臂,并与加力系统相连。然后转动应变片试样,直到得到应变 1% 输出信号的最大值;并记录该值。在整个力值范围,重复该过程,在每一次转动应变片试样时,要保证得到最大弯曲应变。

通过增加已知质量的砝码来增加力值;对于吊称和游码的加力系统,通过增加吊杆上的游码重量来增加力值。

当整个加力过程完成后,去除掉试验力(但弯曲力臂仍保留),将应变片试样转动 180° 。启动第二个加力过程,取应变 2% 的最大输出值;对于单个应变片试样,取压缩应变的最大输出值。

上述过程完成后,去除掉加力系统和弯曲力臂;记录应变片最终输出值。

A.6.2 四点弯曲试验机

对于四点弯曲试验机,校验过程与A.6.1相同,唯一的不同的是试样的初始装夹。将应变片试样安装在试验机两端的轴承支座上,这时不要将轴承支座与加力系统相连,并读取起始值。接下来,按照A.6.1读取每一级加载力对应的最大弯曲应变输出。

A.7 机器的评估

A.7.1 包含力传感器和加力单元的试验机

A.7.1.1 包含力传感器和加力单元的试验机电力值的相对误差

相对误差 q 用力真值平均值的百分数表示,给出式(A.1):

$$q(\%) = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

F_i ——被校验试验机施加的力值。

A.7.1.2 包含力传感器和加力单元的试验机电力值的相对重复性误差

重复性误差 b 指每一待测力值的最大与最小值的差相对于力真值平均值的百分数,给出式(A.2):

$$b(\%) = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

A.7.2 通过砝码加力的试验机

A.7.2.1 通过砝码加力的试验机电力值的相对误差

相对误差 q 用力真值平均值 $\bar{F}$ 的百分数表示,可以从试验砝码的标定证书得到。

A.7.2.2 通过砝码加力的试验机电力值的相对重复性误差

重复性误差 b 指每一待测力值的最大与最小值的差相对于力真值平均值的百分数,可以从试验砝码的标定证书得到。

A.7.2.3 吊称和游码加力试验机电力值的相对误差

吊称和游码加力试验机的相对力值精度由两部分组成。一部分是产生吊杆重量的砝码质量的精度 (c),这部分可以通过砝码的标定证书得到。第二部分是游码的分辨率 (d),通过观察可以得到。通过式 (A.3) 组合得到:

$$q = \sqrt{(c^2 + d^2)} \quad \text{..... (A.3)}$$

A.7.2.4 吊称和游码加力试验机电力值的相对重复性误差

力值的相对重复性误差通过试验可以得到。操作员将吊称的重量固定在杠杆的一预先定义位置。重复测量 5 次。按照 ISO 376 标定的一级测力仪用于测量施加的试验力。重复性误差 b 指每一待测力值的最大与最小值的差相对于力真值平均值的百分数,给出式 (A.4):

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100 \quad \text{..... (A.4)}$$

A.7.3 力臂相对误差

相对误差 q' 用力臂平均值的百分数表示,给出式 (A.5):

$$q' = \frac{L_s - \bar{L}}{\bar{L}} \times 100 \quad \text{..... (A.5)}$$

式中:

L_s ——力臂的名义值。

A.7.4 力矩的相对误差

力矩的相对误差用式 (A.6) 表示:

$$q'' = q + q' = \left[\frac{F_s - \bar{F}}{\bar{F}} + \frac{L_s - \bar{L}}{\bar{L}} \right] \times 100 \quad \text{..... (A.6)}$$

A.8 旋转变曲疲劳试验机的特性

A.8.1 通过尺寸测量校验的试验机

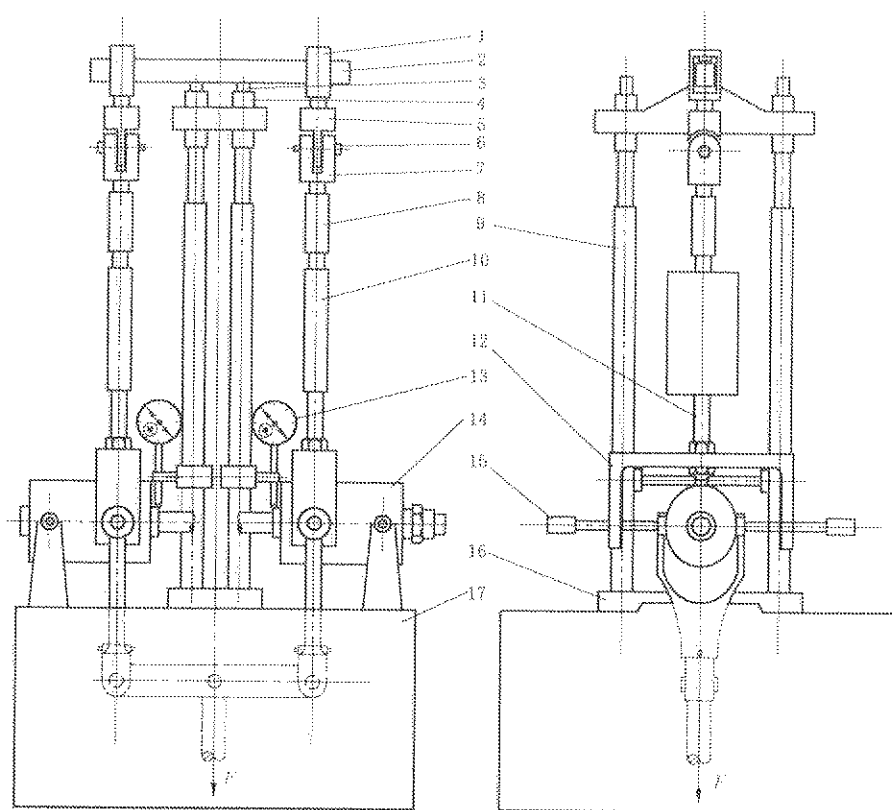
旋转变曲疲劳试验机,对应的力值、力臂和力矩的误差应分别在 $\pm 1\%$, $\pm 0.3\%$ 和 $\pm 1\%$ 以内。相对应力的最大重复性误差为 1% 。

A.8.2 利用应变片试样校验的试验机

利用应变片建立试验机自重(不施加外力)校验过程得到的数据,建立外加力与试样应力/应变的关系。这一关系随后将用于根据试验特定的应力计算试验力值。

A.9 校验周期

校验周期最长为一年。如果机器经过移动重新安装或进行过修理或调整则需要重新检定。



- 1——框；
- 2——臂；
- 3——前支杆；
- 4——滚花螺母；
- 5——上铰链；
- 6——销轴；
- 7——下铰链；
- 8——上连杆；
- 9——后支杆；
- 10——测力仪；
- 11——下连杆；
- 12——架；
- 13——百分表；
- 14——主轴筒；
- 15——滚花螺钉；
- 16——下座；
- 17——箱体。

图 A.1 分力测量装置的示意图

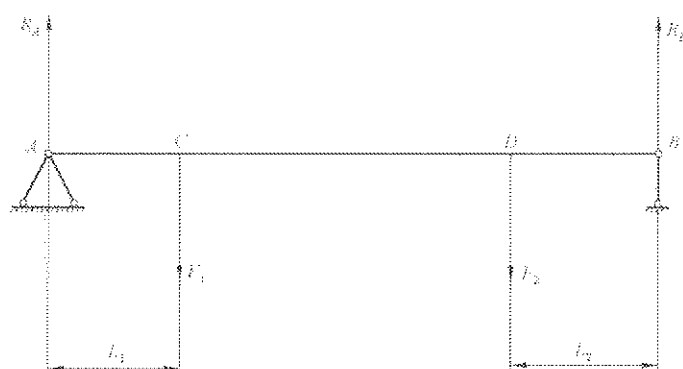
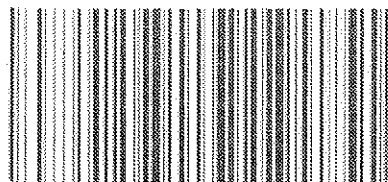


图 A.2 力臂测量的原理图



GB/T 4337—2008

版权专有 侵权必究

书号: 155066 · 1-34814

定价: 18.00 元