

中华人民共和国国家标准

GB/T 3075—2021

代替 GB/T 3075—2008

金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法

Metallic materials—Fatigue testing—Axial force-controlled method

(ISO 1099:2017, MOD)

2021-08-20 发布

2022-03-01 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
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验计划	3
5 试样	7
6 试验装置	13
7 试验监测仪器	14
8 检定和校准	14
9 试样的装夹	14
10 试验频率	15
11 力的施加	15
12 温湿度记录	15
13 失效判据和试验终止	15
14 试验报告	15
附录 A (资料性) 本文件章条编号与 ISO 1099:2017 章条编号对照	17
参考文献	19

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 3075—2008《金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法》，与 GB/T 3075—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了试验目的和注 2(见第 1 章)；
- 增加了“夹持端直径”和“试样长度”两个术语和定义(见第 3 章)；
- 删除了同轴度的要求及相应的图(见 2008 年版的 4.2.3 和图 9)；
- 更改了圆形横截面试样和矩形横截面试样(见图 7、图 8, 2008 年版的图 3、图 4)；
- 增加了漏斗型试样的描述(见 5.1)；
- 将试样加工流程中的“材料微观结构的改变”和“污染物的影响”修改为注(见 6.3.1, 2008 年版的 5.3.2.2 和 5.3.2.3)；
- 增加了试验夹具设计的示意图(见第 5 章中图 9)。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 1099:2017《金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法》。

本文件与 ISO 1099:2017 相比，结构上有较多调整，附录 A 列出了本文件与 ISO 1099:2017 的章条编号对照一览表。

本文件与 ISO 1099:2017 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示，具体的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本文件做了具有技术性差异的调整，以适应我国技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 25917.1 代替了 ISO 4965-1(见 6.1)；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 16825.1 代替了 ISO 7500-1(见 6.1)；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 34104 代替了 ISO 23788(见 6.2)；
 - 增加引用了 JJG 556(见 6.1)。
- 增加了试验机的同轴度的要求(见 6.2)。

本文件做了下列编辑性修改：

- 在图 1 中增加 S_{\max} 和 S_{\min} 的说明；
 - 增加了表 1，将国际标准 6.1 中列项对试样几何尺寸的要求用表格的形式表示出来。
- 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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：钢铁研究总院、中机试验装备股份有限公司、力试(上海)科学仪器有限公司、西南交通大学、深圳万测试验设备有限公司、冶金工业信息标准研究院、钢研纳克成都检测认证有限公司。

本文件主要起草人：高怡斐、孙宝瑞、王斌、吴圣川、董莉、黄星、杨秀光、侯慧宁。

本文件于 1982 年首次发布，2008 年第一次修订，本次为第二次修订。

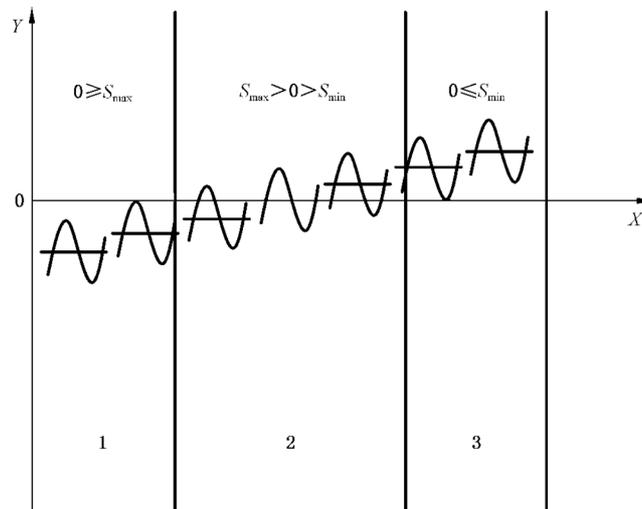
引 言

本文件旨在为金属材料试样轴向等幅力控制的循环疲劳试验提供疲劳寿命数据(例如,应力对失效的循环数)的指导。

将公称尺寸上相同的试样装夹在轴向力疲劳试验机上,并对试样施加如图 1 所示的任一种类型的循环应力。除非另有规定,试验波形宜为等幅的正弦曲线。

施加的力沿着试样的纵轴方向,并通过每一试样横截面的轴心。试验一直持续到试样失效或者直到超过一个预先设定的应力循环周次(见第 4 章和第 13 章)。试验一般在室温(10 °C~35 °C)下进行。高温和低温试验可参照此标准。

注:疲劳试验的结果可能受大气条件的影响,因此要求按照 ISO 554:1976 的 2.1 控制要求的试验条件。



标引序号说明:

X ——时间;

Y ——应力;

S_{max} ——最大应力, N/mm²;

S_{min} ——最小应力, N/mm²;

1 ——脉动压缩;

2 ——循环拉压;

3 ——脉动拉伸。

图 1 循环应力的类型

金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法

1 范围

本文件规定了室温下金属材料试样(没有引入应力集中)轴向等幅力控制疲劳试验的条件。使用本文件时,试验的目的是提供疲劳信息,如在不同应力比、给定材料条件(如硬度和微观结构)下,施加应力与失效循环次数之间的关系。

本文件适用于圆形和矩形横截面试样的轴向力控制疲劳试验,产品构件和其他特殊形状试样的检测不包括在内。

注1:由于缺口试样的形状和尺寸没有标准化,因此本文件不包含缺口试样的疲劳试验。但是,本文件中描述的疲劳试验过程可应用于缺口试样的疲劳试验。

注2:本文件都使用工程应力,工程应力定义为在试验温度下轴向力与试样原始横截面积之比。

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 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准(GB/T 16825.1—2008,ISO 7500-1:2004,IDT)

GB/T 25917.1 单轴疲劳试验系统 第1部分:动态力校准(GB/T 25917.1—2019,ISO 4965-1:2012,IDT)

GB/T 34104 金属材料 试验机加载同轴度的检验(GB/T 34104—2017,ISO 23788:2012,MOD)

JJG 55.6 轴向加力疲劳试验机

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试样直径 test specimen diameter

d

试样或试件最大应力处直径。

3.2

夹持端直径 grip diameter

D

试样夹持端直径。

3.3

测试横截面厚度 thickness of test section

t

矩形横截面试样或试件的厚度。

3.4

测试横截面宽度 width of test section

w

矩形横截面试样或试件的宽度。

3.5

平行长度 parallel length

L_p

具有相同测试直径或测试宽度的试样或试件标距部分的长度。

3.6

试样长度 specimen length

L_z

试样的总长度。

3.7

过渡弧半径 fillet radius

r

试样平行段与夹持端之间的半径。

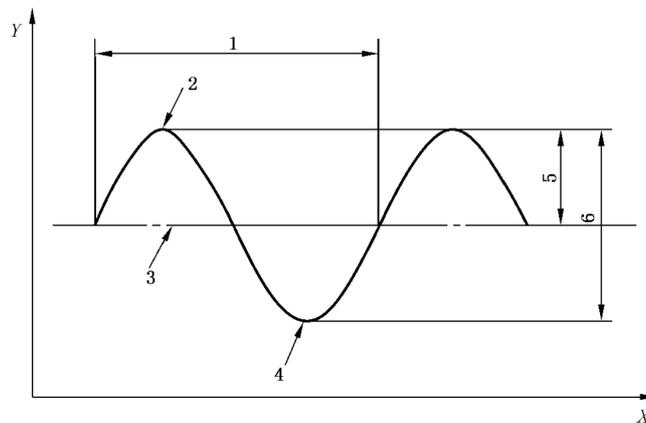
注：对应的过渡弧不一定是试样平行段的末端和扩大部分开始端之间的距离的真正圆弧。

3.8

最大应力 maximum stress

S_{max}

在应力循环中具有最大代数值的应力(见图 2)。



标引序号说明：

X —— 时间；

Y —— 应力；

1 —— 一个应力循环；

2 —— 最大应力, S_{max} , N/mm^2 ；

3 —— 平均应力, S_m , N/mm^2 ；

4 —— 最小应力, S_{min} , N/mm^2 ；

5 —— 应力幅, S_a , N/mm^2 ；

6 —— 应力范围, ΔS_a , N/mm^2 。

图 2 疲劳应力循环

3.9

平均应力 mean stress

S_m

最大应力和最小应力的代数平均值(见图 2)。

3.10

最小应力 minimum stress

S_{\min}

一个应力循环内的最小代数值的应力(见图 2)。

3.11

应力幅 stress amplitude

S_a

最大应力和最小应力代数差的一半(见图 2)。

3.12

应力范围 stress range

ΔS

最大应力和最小应力代数差(见图 2)。

$$\Delta S = S_{\max} - S_{\min}$$

3.13

应力比 stress ratio

R_s

在疲劳试验中任一个单循环的最小应力和最大应力比值(见图 2)。

$$R_s = S_{\min} / S_{\max}$$

3.14

应力循环 stress cycle

应力随时间周期性的等幅变化(见图 2)。

3.15

循环次数 number of cycles

N

力-时间,应力-时间等函数的最小循环周期性重复的次数。

3.16

疲劳寿命 fatigue life

N_f

按规定的失效准则试验时达到的循环数。

3.17

条件疲劳强度 fatigue strength at N cycles

S_N

在规定应力比下试样具有 N 次循环的应力幅值。

4 试验计划

4.1 总则

在开始试验之前,除非在相关的产品标准中另有规定,供需双方应在以下方面达成一致:

- a) 试样的形状(见 5.1);
- b) 应力比;
- c) 要求确定下列测试目标:

- 规定应力幅下的疲劳寿命；
- 规定持续时间内的疲劳强度；
- 整条 Wöhler 曲线或 S-N 曲线；
- d) 被检测试样号和试验顺序；
- e) 试验中未失效试样应终止试验时的循环数；
- f) 与 7.3 要求不同的试验温度。

最近研究表明,金属通常不会表现出在一个应力下持续“无限的循环周次”的“疲劳极限”。通常应力寿命的“平台”就是指传统意义上的“疲劳极限”,但是低于这种应力水平的失效也有发生。例如参考文献[6]~[9]。

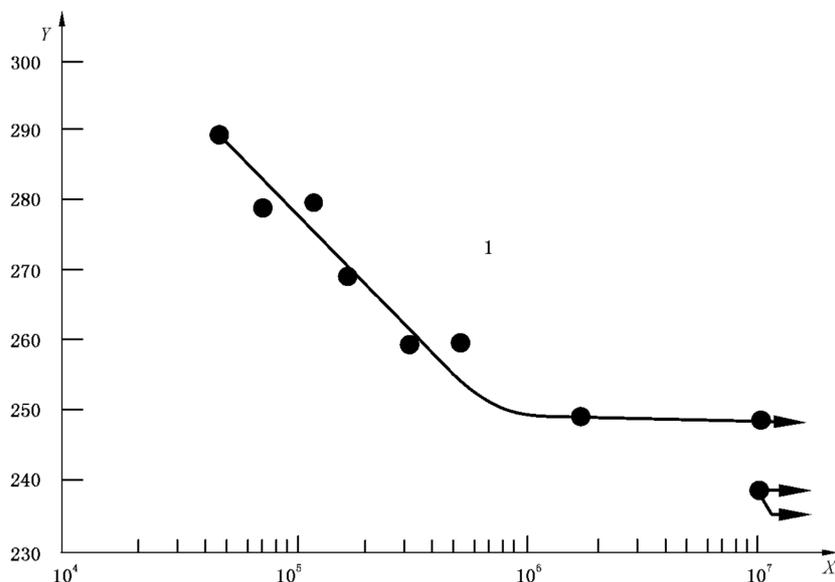
4.2 疲劳结果的表达

4.2.1 概述

用于研究的设计和结果的使用,决定了从许多可用的、图形化的和其他方式的结果中选择最合适的方法。疲劳试验的结果通常用图形表示。在报告疲劳数据时,宜明确规定试验条件。除了图形表示外,在表示格式允许的情况下,表格数字数据也是可取的。

4.2.2 Wöhler 曲线或 S-N 曲线

最通用的结果图形法是以失效时的循环次数作为横坐标,以应力幅值或者依赖于应力循环的其他应力值作为纵坐标绘图。穿越试验数据点近似中线绘画的平滑曲线称为 Wöhler 曲线或 S-N 曲线。循环周次采用对数坐标,应力坐标轴采用线性或者对数坐标。对于每一应力比的每组试验结果绘制一条曲线。试验结果通常在同一图形中绘制。图 3 给出了一个图形报告的例子,其中应力坐标轴采用线性坐标。



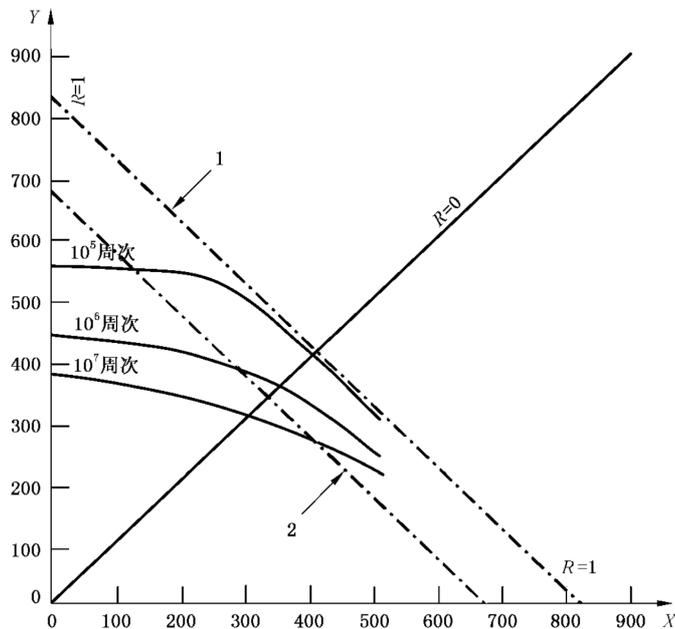
标引序号说明:

- X —— 失效循环次数, N ;
- Y —— 应力幅, S_a , N/mm^2 ;
- 1 —— $R_s = -1$ 室温。

图 3 Wöhler 曲线或 S-N 曲线

4.2.3 平均应力图

从 Wöhler 曲线或 S-N 曲线导出的疲劳强度以恒定的寿命线的形式绘制在疲劳强度图表上。结果可以直接通过图形方式报告,对于给定的疲劳寿命,图 4 给出了应力幅对平均应力图;或如图 5 绘制最大、最小应力对平均应力图;或者图 6 绘制最大应力对最小应力图。试验结果可以绘制在同一图形中。



标引序号说明:

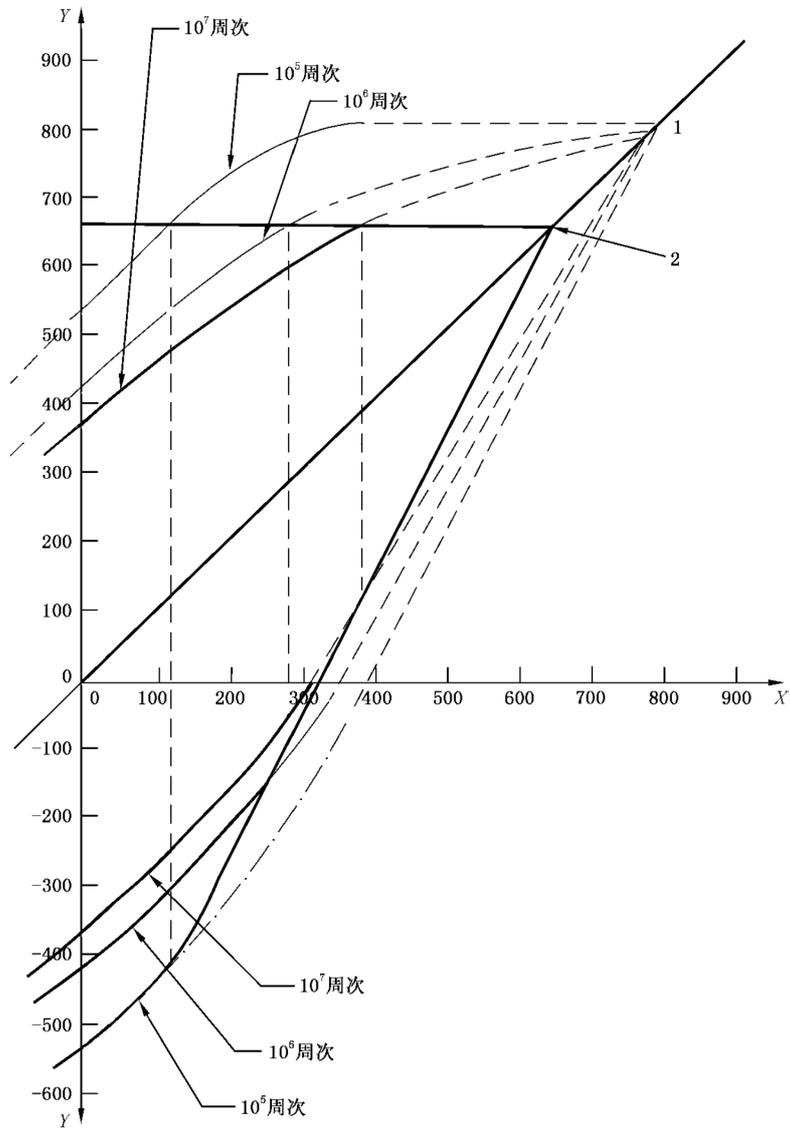
X —— 平均应力, S_m , N/mm^2 ;

Y —— 应力幅, S_a , N/mm^2 ;

1 —— 抗拉强度, R_m , N/mm^2 ;

2 —— 0.2% 偏置的规定塑性延伸强度, $R_{p0.2}$, N/mm^2 。

图 4 应力幅(S_a)与平均应力(S_m)的曲线[Haigh 图]



标引序号说明：

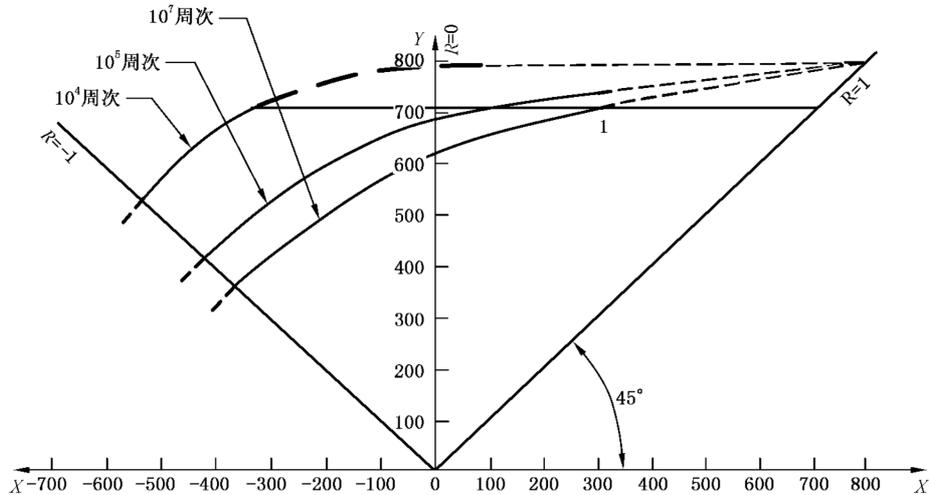
X —— 平均应力, $S_m, N/mm^2$ ；

Y —— 最大和最小应力, S_{max} 和 $S_{min}, N/mm^2$ ；

1 —— 抗拉强度；

2 —— 0.2% 偏置的规定塑性延伸强度。

图 5 最大应力 (S_{max}) 和最小应力 (S_{min}) 与平均应力 (S_m) 的曲线 [Smith 图]



标引序号说明：

X —— 最小应力, S_{\min} , N/mm²；

Y —— 最大应力, S_{\max} , N/mm²；

1 —— 0.2% 偏置的塑性延伸强度, $R_{p0.2}$, N/mm²。

图 6 最大应力(S_{\max})与最小应力(S_{\min})的曲线[Ros 图]

5 试样

5.1 试样形状

通常采用如图 7 所示的具有完全机械加工的光滑圆柱标距的试样类型。

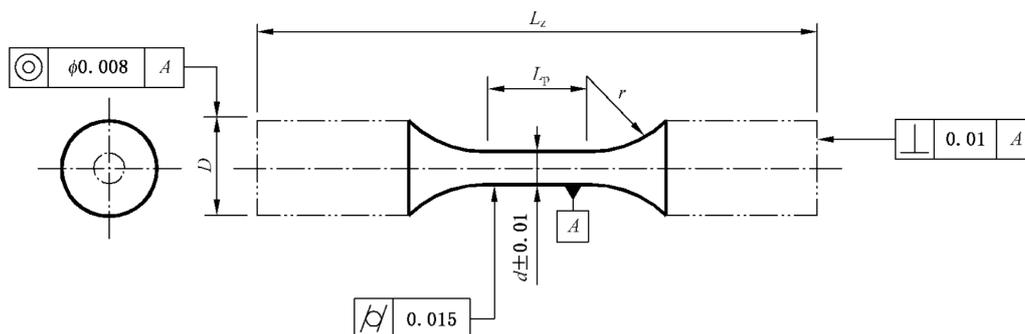
试样宜满足如下：

- 在平行部位和夹持端之间具有切向过渡圆弧或者夹持端间连续半径(例如“漏斗型”试样)的圆形横截面,即圆形横截面试样,或称为圆形试样；
- 在平行部位和夹持端之间具有切向过渡圆弧或者夹持端间连续半径的均匀厚度的矩形横截面,即矩形横截面试样,或称为板状试样(见图 8)。

通常称为“漏斗型”的试样可谨慎使用。在这些试样中,夹持端与圆形试样的最小直径或与板状试样最小宽度之间有一个连续的圆弧。与光滑等直径或等宽度试样在标距部分材料承受等应力不同,漏斗型试样在最小横截面的薄平面单元受力。因此,产生的疲劳结果可能不代表大块材料的响应,特别是在长寿命疲劳状态下,夹杂物控制高硬度金属的行为,并且从表面到次表面存在双重裂纹萌生^[9]。事实上,这种结果可能是非保守的,特别是在寿命较长的情况下,其中最大的微观不连续可能不在最大应力的平面截面上。

需要注意的是,对于矩形截面的试样,可能需要在宽度和厚度上要求同时减小试验截面。如果这样,在宽度和厚度方向均要求过渡圆弧。同样,当矩形横截面试样要求考虑材料在实际应用时的表面条件时,试样试验部位的至少一面宜保持未加工状态。通常情况下,由于矩形试样很难获得较小的粗糙度或者在矩形横截面的拐角提前萌发疲劳裂纹,采用矩形横截面试样进行的疲劳试验,其结果一般与圆形试样没有可比性。

单位为毫米

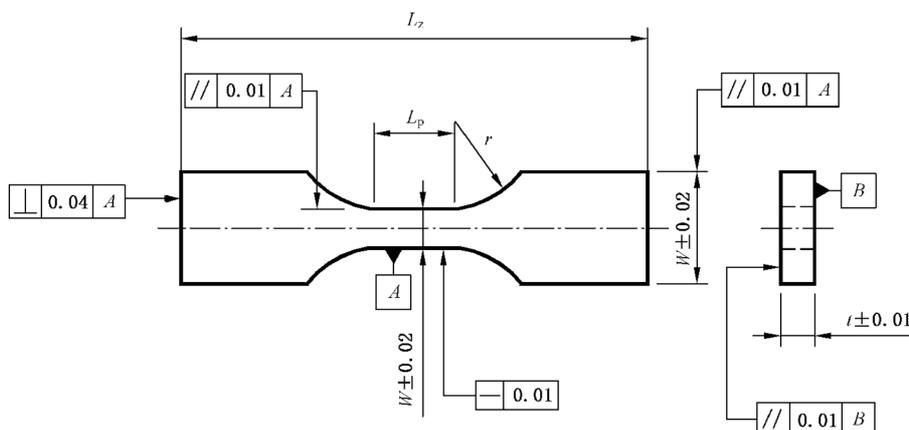


注 1：尺寸公差符号的定义见 GB/T 17851。

注 2：垂直度要求适用于对中的夹持部分。

图 7 圆形试样

单位为毫米



注 1：尺寸公差符号的定义见 GB/T 17851。

注 2：垂直度要求适用于对中的夹持部分。

图 8 板状试样

5.2 试样尺寸

5.2.1 棒材和厚度大于 5 mm 板材

试样的标距部分代表研究的材料的体积元素，也就是试样的尺寸不应影响结果的使用。

试样的几何尺寸应满足下列条件：

- 提供均匀的圆柱形标距部分；
- 减小压缩时的屈曲风险，以避免在过渡半径处发生失效；
- 在整个标距部分提供均匀的应力(或应变)分布。

在过渡半径处或标距截面上的其他地方加工平行长度时，不应出现咬边。可使用光学比较仪以合理的放大倍数(例如 10 倍~25 倍)检查该特性，以确保其真实性。

考虑到这些要求、大量实验室获得的经验(见参考文献[10]~[19])以及不同类型试样的计算结果，推荐采用以下几何尺寸，见图 7。

推荐试样的几何尺寸如表 1 所示。

表 1 试样的尺寸

参 数	尺 寸
圆柱形标距部分的直径	$5\text{ mm} \leq d \leq 10\text{ mm}$
平行长度	$L_p \geq 2d$
过渡弧半径(从平行长度部分到夹持端)	$r \geq 2d$ 或 $r \geq 2w$
夹持端直径	$D \geq 2d$
减缩部分长度	$L_r \leq 8d$

只要能保证标距长度的应力均匀分布,其他几何形状的横截面和标距长度也可以使用。

推荐的夹持端连接方式如下:

- 光滑圆柱连接(液压夹紧);
- 台阶试样连接。

试验夹具宜定位试样,提供轴向对中,并消除间隙。试验夹具的设计将取决于试样端部细节。图 9 给出了一些示例。

不推荐使用可能依赖于螺纹的疲劳试样设计。

5.2.2 板材

5.2.2.1 概述

一般而言,上述段落中讨论的考虑因素也适用于板材的试验。然而,这些试验需要特定的几何结构和夹具,以避免屈曲问题。

由于一般施加较小的力,需要用更灵敏的力传感器。夹持系统可能需要使用扁平的机械或液压钳口。但是,对于后一种装配类型,很难确保正确对中。

通常,会通过缩减试样标距长度段的宽度来避免在夹持部位失效。在一些应用中,可能有必要在夹持端增加衬板,以增加试样夹持部位的厚度,避免在夹具内失效(图 10)。

如果板状试样位于具有平行边钳口的钳口内,则宜注意确保它们在钳口内居中对齐。做标记或定位可能有助于实现这一点。

5.2.2.2 厚度 2.5 mm~5 mm 的板材

可以在没有防屈曲约束的情况下进行这些试验。

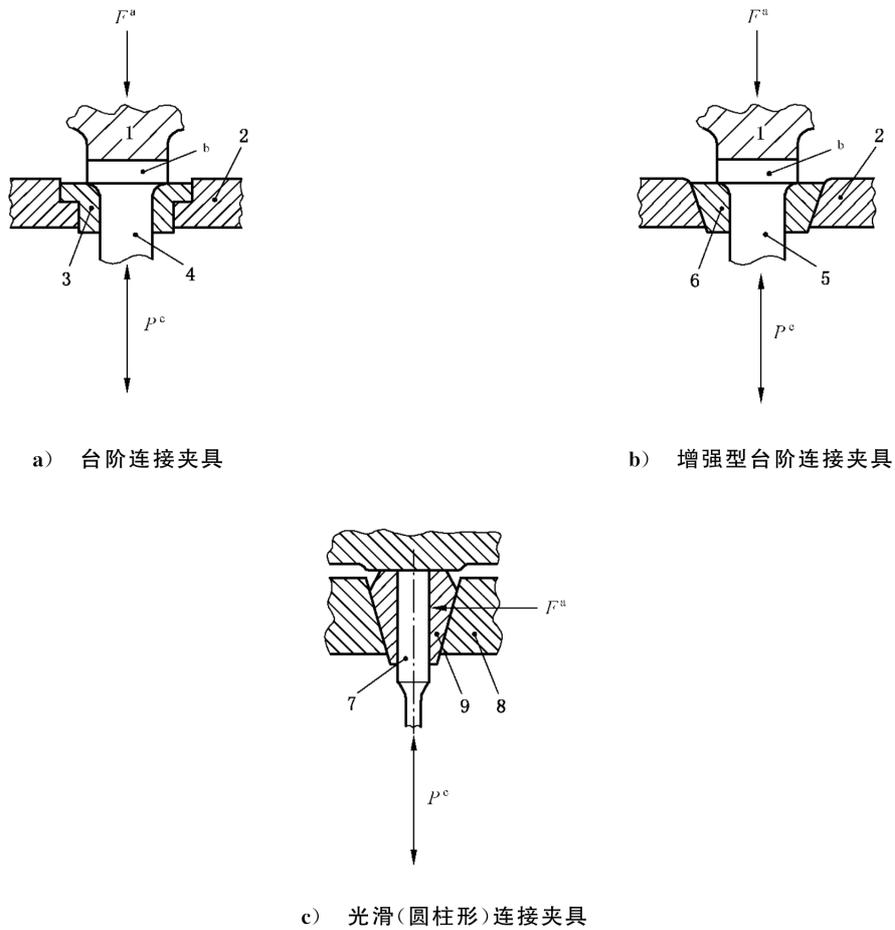
板状试样的可能几何形状如图 8 所示。

5.2.2.3 厚度小于 2.5 mm 板材

可能需要使用防屈曲约束,并可能限制最高试验温度。

为了限制约束装置和试样之间的摩擦所引起的力的增加,需要采取一些预防措施。这种摩擦力在任何时候都不应产生大于 2% 的增量。例如,使用厚度约为 1 mm 的聚四氟乙烯(PTFE)薄膜可部分解决这一问题,氮化硼粉末作为干润滑剂也是如此。不建议使用烃基润滑剂,因为它们可能会影响测试结果。

摩擦力可能因试样而异。在每次试验前,应根据记录的在有或无防屈曲约束的受拉材料弹性范围内的力-位移曲线来测定摩擦力。抗屈曲约束的示例如图 11 所示。



标引序号说明：

- | | |
|---------------|---------------|
| 1——顶头； | 6——锥形可分离扣紧圆环； |
| 2——夹持部分； | 7——光滑连接试样； |
| 3——可分离扣紧圆环； | 8——夹持部分； |
| 4——台阶连接试样； | 9——锥形夹头。 |
| 5——增强型台阶连接试样； | |

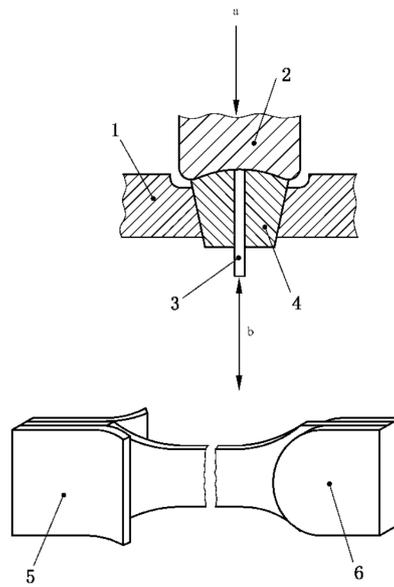
夹紧力在试样上产生的摩擦力应大于试验力，以免在夹持部位松动。

^a 夹紧力。

^b 试样对中用平面。

^c 循环力。

图9 多种试样装夹装置示意图



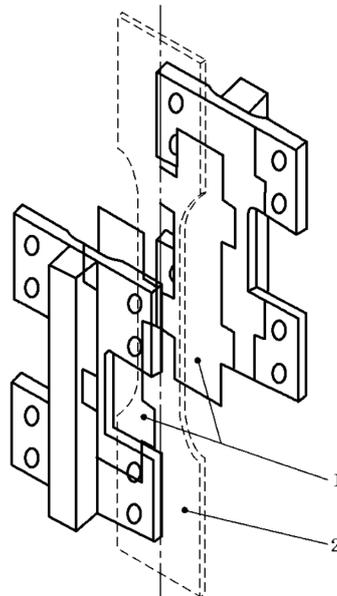
标引序号说明：

- 1——夹具部分；
- 2——锥形顶头；
- 3——板状试样；
- 4——锥形夹头；
- 5——弯曲衬片防止在夹持部分出现夹痕(可由环氧材料做成)；
- 6——圆形衬片。

^a 夹紧力。

^b 循环力。

图 10 板状试样的夹持示意图



标引序号说明：

- 1——聚四氟乙烯薄膜；
- 2——试样。

图 11 板状试样的抗屈曲的约束装置

5.3 试样的制备

5.3.1 一般要求

在任何一个旨在表征材料固有特性的疲劳试验程序中,试样的准备遵守下列建议是很重要的。如果试验目的是为了确定与这些不符合的规定因素(如表面处理、氧化等)的影响,允许有一些偏离。任何情况下,这些偏离应在试验报告中注明。

5.3.2 试样加工程序

选择的加工程序可能会在试样表面产生残余应力,从而影响试验结果。这些残余应力可能是在机加工阶段的热梯度或材料的变形或微观结构的变化引起的。在高温试验时,产生的残余应力可能部分或者全部释放,因此残余应力的影响很小。然而,选择合适的机加工流程(特别是在最后的抛光阶段前)会减小残余应力。对于较硬材料,首选磨削,而不是车削或者铣削加工。

——磨削:从离最终直径的 0.1 mm 开始,进刀量不超过 0.005 mm/次。

——抛光:用逐次变细的砂纸处理掉最后的 0.025 mm。建议最后的抛光沿着试样的轴向。

注 1: 材料微观结构的改变可能是由于温度升高和机加工中的应变硬化所导致。可以是组织中相的改变,更多的情况是样品表面发生再结晶。由于试验的材料不再是初始状态,上述微观结构改变将直接导致试验结果无效。因此,宜采取一切预防措施以避免这种风险。

注 2: 部分元素和化合物的存在会使特定材料的力学性能下降,例如氯和氢对钢和钛合金的影响。因此,在使用的原料(切削液、清洁液如醇、酸性化合物等)中宜避免包含这些元素。建议在存储试样前进行清洗和脱脂处理。

5.3.3 取样和试样标识

试验时,从半成品或者构件的被测材料上的取样方式是影响结果的主要因素。因此取样时有必要了解取样部位的全部信息。在试验报告中附上取样图,并宜清晰地标明:

——每件试样的取样位置;

——半成品的特征方向(轧制,挤压以及其他方向);

——每件试样的标记/标识符。

在每一个试样准备的不同阶段,试样都应有一个标识符号。这样的标识符号可以采用可靠的方法标记在一些机加工过程中不容易丢失或者不影响试样数据的表面上(例如试样的端部)。

5.3.4 试样的表面状态

试样的表面状态对试验结果有影响。这类影响一般都和以下一个或者多个因素相关:

——试样的表面粗糙度;

——残余应力的存在;

——材料微观结构改变;

——杂质的引入。

以下的建议会让上述影响减至最小。

表面状态通常采用平均粗糙度或者类似的指标进行量化。这些参数对所得结果的影响很大程度在于试验条件,而且由于试样的表面腐蚀或者塑性变形可以减小上述因素的影响。因此无论试验条件如何,都宜规定表面粗糙度不大于 $Ra 0.2 \mu m$,见 GB/T 3505 和 GB/T 10610。

另一个不能被平均表面粗糙度所掩盖的重要参数是局部的机加工刮伤的存在。圆形试样的最后工序宜消除在车削工序中产生的圆周方向上划痕。特别建议在磨削之后进行纵向的抛光,抛光后再进行低倍(大约 20 倍)检查,试样测试长度内不应有圆周方向的划痕。

如果试样在粗加工后要进行热处理,最好在热处理后进行最终的抛光处理。否则热处理宜在真空或惰性气体中进行,以防试样氧化。热处理不应改变所研究材料的微观结构特性。热处理条件和加工程序应与试验结果一起报告。

5.3.5 尺寸检查

宜在最终机加工阶段用不改变试样的表面状态的测量方法完成尺寸的测量。

5.3.6 试样的保存和处置

制备好的试样宜妥善保存以避免任何损伤(接触划痕,氧化等)。推荐采用独立的包装盒或带封头的管保存试样。在某些情况下,在真空容器或放有硅胶的干燥器中保存试样是必要的。

宜尽可能减少试样处置。应特别注意标记试样。试验前,应在试样的每一端进行标识。

6 试验装置

6.1 试验机

试验应在拉压试验机上进行,试验过零时平滑稳定。试验机应有较高的侧向刚度和较好的同轴度。完整的试验机加力系统(包括力传感器,夹具和试样)应该具有较高的侧向刚度,并且具备施加要求波形循环时的控制和测量力的能力。

试验机测力系统应按照 GB/T 16825.1 进行静态校准,其准确度应为 1 级或优于 1 级。应确保动态力测量误差不超过所需测力范围的 $\pm 1\%$ 。建议使用 GB/T 25917.1 或 JJG 556 作为检查方法。

注 1: 由于力传感器单元和测试试样的质量引起的动态(惯性力)误差是非常重要的。惯性力等于夹持质量乘以实测加速度。表示为力范围百分数的惯性力误差,可以认为是随频率的平方变化的,并且受试样柔度的影响很大。试验机(刚体)随基础连接的共振是主要的误差源。

用于动态试验配备专门的力传感器、夹具和连接副的试验机,和应变片试样或者和检测试样具有相近柔度的动态传感器,宜在各个相关的频率范围进行动态力值的校准。

注 2: 为了避免动态力误差超过力值范围的 $\pm 1\%$,有必要建立一个误差表来修正试验机的动态力范围。

试验机应配置 1% 准确度的循环计数器系统,并应具有防过冲装置或软件设限以便当试样失效时停止试验。

当试验过程涉及循环拉压时,加载链应无间隙。

6.2 同轴度检查

在刚性系统中不同轴通常由夹具的角偏置或侧向偏置或两者的组合引起。由于刚性夹持系统的不同轴造成的弯曲通常来源于以下:

- a) 试样夹具的角度偏置;
- b) 在理想刚性系统中的加力杆(或者试样夹具)的侧向偏置;
- c) 非刚性系统的加力链装配的偏置;
- d) 伺服液压机驱动杆中轴承的侧隙。

根据 GB/T 34104 的要求,在每次系列试验之前以及任何时候加载链发生变更时,都应检查试验机的对中情况,试验机的同轴度应不大于 5% 。

6.3 力传感器

力传感器应具有足够的侧向和轴向刚度。它的量程和等级应适合试验时施加的力。在自动化系统中计算机输出设备上显示并记录的力,或者在其他非自动化系统中最终的输出力应在规定的真实力的

允许变化范围内。力测量装置的量程应该足以覆盖试验力值的范围,并且准确度应优于1%。力传感器应能够进行温度补偿并且没有大的零漂,温度灵敏度变化每摄氏度不大于满量程的0.002%。

6.4 试样的夹持

夹持装置应沿着纵轴方向平稳传递循环力到试样。夹持端之间的距离应尽可能小,以避免造成试样屈曲。夹持装置应确保6.2规定要求的同轴度;因此有必要限制组成夹持装置的部件数量,把机械连接的数量减至最少。

夹持装置应保证试样安装的可重现性,并应由表面保证试样的同轴度,且在试验过程中能平稳的传递拉伸和压缩力。

7 试验监测仪器

7.1 记录系统

现代疲劳试验设备普遍采用计算机控制和数字化的数据采集系统。现代数字系统中提供的基本软件平台提供精确的测试控制和报告生成。它们通常可以在测试数据的数字或模拟域中提供实时数字显示,以及图形和表格测试结果的生成和存储。

在这种典型的数字系统中,应力(力)-时间数据点的采样频率应足以确保施加在试样上的峰值应力(力)的真实性。

由于仍有许多模拟系统在使用,以下应视为模拟数据记录的最低要求:

- 应力(力)-时间记录仪;
- 峰间探测器。

7.2 循环计数器

循环计数器是记录循环次数所必需的装置。

7.3 试样温度测量

试验通常在室温(10℃~35℃)下进行。在高温和低温试验中,应完整记录试样的温度。试样的温度可使用接触试样表面的热电偶进行测量,或使用最大允许误差在±2℃以内的其他测温装置。如果试验过程中发生超出温度范围情况,应在试验报告中注明。

8 检定和校准

试验机和所用的控制和测量系统宜定期检定或校准。尤其是,每一传感器和与之相连的电子设备经常应作为一个整体检定。

温度测量系统应根据相关标准进行校准。

9 试样的装夹

试样宜仔细安装,试样定位在上下夹头间以保证轴向加力,同时可施加预定应力模式。对于矩形横截面试样,保证力均匀分布在试样横截面上。夹具设计要保证圆形试样在两端螺纹连接时不会由于锁紧螺母的紧固而产生的扭转应力施加在试样上。在一些场合使用螺纹试样,配合平面和同轴面上的一部分力沿着螺纹分布能减小夹紧扭矩。

10 试验频率

力循环的频率取决于所使用的试验机类型,在许多情况下取决于试样的刚度。

频率的选择应取决于材料、试件和试验机组合。如果频率取决于试样和试验机组合的动态特性,就有必要在试验前测量试样的刚度。

注 1: 轴向力控制疲劳试验机一般使用的频率范围大约为 1 Hz~300 Hz。

在高频率时,试样会产生较大热量,从而影响疲劳寿命和疲劳强度的试验结果。如果试样发热,建议降低试验频率。如果试样温度超过 35 ℃,应在报告中注明。

注 2: 如果环境影响显著,试验结果可能依赖于频率。

11 力的施加

一组试样中的每个试样加力程序应保持一致。平均力和力值范围应该保持在力值范围的±1%内。

12 温湿度记录

在试验过程中,应记录每天的最大和最小空气温度和湿度。

13 失效判据和试验终止

13.1 失效判据

除非另有协议,失效判据应是试样断裂。

注: 在一些特殊应用中,其他的判据,例如,可见的疲劳裂纹的出现、试样的塑性变形、裂纹的传播速率或者频率改变,都可以采用。

13.2 试验终止

当试样失效或达到预定的循环周次时,终止试验。

14 试验报告

试验报告应包括以下信息:

- a) 本文件编号;
- b) 被测材料的冶金特性,拉伸性能和试样的热处理制度;
- c) 试样在母材上的位置;
- d) 试样的形状和公称尺寸;
- e) 试样的表面状态。

对于每个试样,试验报告应包括下列信息:

- 横截面尺寸;
- 施加的最大和最小力;
- 施加的应力条件;
- 频率和疲劳寿命;
- 所用试验机的类型、序列号、试验力单元和序列号,标号和加力链描述;

- 试样温度,如试样发热(例如大于 35 °C);
 - 最大和最小的空气温度和相对湿度;
 - 试验结束的判据,例如持续时间(例如,10⁷ 次),或试样失效,或其他判据;
 - 任何特殊的观测现象或者所要求试验条件的偏差。
- 另外,试验结果可以图形方式表达。

附 录 A

(资料性)

本文件章条编号与 ISO 1099:2017 章条编号对照

表 A.1 给出了本文件章条编号与 ISO 1099:2017 章条编号对照一览表。

表 A.1 本文件章条编号与 ISO 1099:2017 章条编号对照

本文件章条编号	对应的 ISO 1099:2017 章条编号
1	1
2	2
3	3
4.1	4.1
4.2.1	4.2.1
4.2.2	4.2.2
4.2.3	4.2.3
5.1	5.1
5.2.1	6.1
5.2.2	6.2
5.2.2.1	6.2.1
5.2.2.2	6.2.2
5.2.2.3	6.2.3
5.3	6.3
5.3.1	—
5.3.2	6.3.1
5.3.3	6.3.2
5.3.4	6.3.3
5.3.5	6.3.4
5.3.6	6.3.5
6.1	7.1
6.2	7.2
6.3	7.3
6.4	7.4
7.1	8.1
7.2	8.2
7.3	5.2
8	9
9	10

表 A.1 本文件章条编号与 ISO 1099:2017 章条编号对照 (续)

本文件章条编号	对应的 ISO 1099:2017 章条编号
10	11
11	12
12	13
13.1	14.1
13.2	14.2
14	15
附录 A	—

参 考 文 献

- [1] GB/T 3505 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数 (GB/T 3505—2009,ISO 4287:1997,IDT)
- [2] GB/T 10610 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法 (GB/T 10610—2009,ISO 4288:1996,IDT)
- [3] GB/T 17851 产品几何技术规范(GPS) 几何公差 基准和基准体系 (GB/T 17851—2010,ISO 5459:1981,MOD)
- [4] ISO 554:1976 Standard atmospheres for conditioning and/or testing — Specifications
- [5] ISO 4965-2 Metallic materials—Dynamic force calibration for uniaxial fatigue testing—Part 2:Dynamic calibration device (DCD) instrumentation
- [6] ATRENS A., & HoFFELNER W. DUERIG, T.W. and ALLISON, J.E. Subsurface Crack Initiation in High Cycle Fatigue in Ti6Al4V and in a Typical Martensitic Steel. *Scr. Metall.* 1983, 17 pp. 601-606
- [7] MAYER H.R., LIPOWSKY H., PAPAKYRIACOUM, RÖSCH R., STICHL, STANZL-TSCHEGG S.E. Application of Ultrasound for Fatigue Testing of Lightweight Alloys. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.* 1999, 22 pp. 591-599
- [8] PAPAKYRIACOUM, MAYER H., PYPEN C., PLENK H., STANZL-TSCHEGG S. Influence of Loading Frequency on High-Cycle Fatigue Properties of BCC. and HCP Metals. *Mater. Sci. Eng. A.* 2001, 308 pp. 143-152
- [9] BATHIAS CLAUDE. Fatigue Limit in Metals. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, 2014
圆形试样:
- [10] CHABOCHE J.L., & POLICELLA H. Caractérisation expérimentale des matériaux sous chargement cyclique à haute température (Experimental characterization of materials under cyclic loading at high temperature), *Recherche Aérospatiale*, 1977-5, pp. 307-326
- [11] BRESNERS J. Strain measurement in high temperature fatigue, Proceedings of CEC Workshop at the JRC Petten Institute for Energy (NL), Elsevier Science Publishers, 1985
- [12] ELLISON E.G. LOHR, R.D., The extensometer-specimen interface, Proceedings of HT-MTC Symposium “Techniques for High Temperature Fatigue Testing”, UKAEA, Springfield, 1983
- [13] SUMNER G. Uniaxial Testing Machines and Techniques for Fatigue. HMSO, London, 1982, pp. 158-70.
- [14] SHIFFERS H. Experimental determination of errors in LCF strain measurement caused by specimens with ridges, Proceedings of CEC Workshop at the JRC Petten Institute for Energy (NL), Elsevier Science Publishers, 1985
- [15] CHABOCHE J.L. Calcul d’une éprouvette de traction-compression en viscoplasticité cyclique (Calculations for a tensile-compressive specimen cycled under viscoplastic conditions), *Rapport Technique No. 37, ONERA*, Dec. 1981
板状试样:
- [16] MILLER G.A., & REEMSNYDER H.S. Strain-cycle fatigue of sheet and plate steels—Part I: Test method development and data presentation, SAE Paper 830175, Society of Automotive Engineers, 1983
- [17] MILLER G.A., & REEMSNYDER H.S. Strain-cycle fatigue of sheet and plate steels—

Part II : Some practical considerations in applying strain-cycle fatigue concepts, SAE Paper 830173, Society of Automotive Engineers, 1983

[18] MILLER G.A., & REEMER H.S. Strain-cycle fatigue of sheet and plate steels—Part III : Tests of notched specimens, SAE Paper 830173, Society of Automotive Engineers, 1983

[19] MILLER G.A. Interlaboratory study of strain-cycle fatigue of 1,2 mm thick sheet specimens, Journal of Testing and Evaluation, JTEVA, Vol. 13, 5, Sept. 1985, pp. 344-351

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法
GB/T 3075—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021年8月第一版

*

书号: 155066 · 1-67404

版权专有 侵权必究



GB/T 3075-2021