



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 24522—2020/ISO 22889:2013  
代替 GB/T 24522—2009

---

## 金属材料 低拘束试样测定稳态裂纹 扩展阻力的试验方法

**Metallic materials—Method of test for the determination of resistance  
to stable crack extension using specimens of low constraint**

(ISO 22889:2013, IDT)

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

---

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 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 .....	2
4 符号和说明 .....	2
5 一般要求 .....	3
5.1 概述 .....	3
5.2 试样 .....	4
5.3 试验前的要求 .....	7
5.4 试验设备 .....	8
5.5 试验要求 .....	13
5.6 试验后裂纹测量 .....	14
6 $\delta_5$ - $\Delta a$ 阻力曲线和 CTOA 的确定 .....	17
6.1 总则 .....	17
6.2 试验步骤 .....	18
6.3 R-曲线图 .....	18
6.4 临界 CTOA 的测定 .....	20
7 试验报告 .....	21
7.1 通则 .....	21
7.2 试样、材料和试验环境 .....	21
7.3 试验数据的有效性判定 .....	22
7.4 $\delta_5$ - $\Delta a$ 曲线的判定 .....	23
7.5 $\Psi_c$ 的判定 .....	14
附录 A (资料性附录) 试验报告实例 .....	24
附录 B (资料性附录) 测量裂纹尖端张开位移 $\delta_5$ 的装置 .....	28
附录 C (资料性附录) 裂纹尖端张开角 $\Psi$ 的确定 .....	30
附录 D (资料性附录) 断裂韧度特征值的测定 .....	38

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 24522—2009《金属材料 低拘束试样测定稳定裂纹扩展阻力的试验方法》，与 GB/T 24522—2009 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了规范性引用文件，用国际标准代替了我国标准(见第 2 章，2009 年版的第 2 章)；
- 增加了试样最大缺口宽度的要求(见 5.2.2.3，2009 年版的 5.2.2.3)；
- 修改了紧凑拉伸试样中最大预制疲劳载荷的限制条件(见 5.2.2.4.3，2009 年版的 5.2.2.4.3)；
- 修改了中心裂纹拉伸试样中最大预制疲劳载荷的限制条件(见 5.2.2.4.4，2009 年版的 5.2.2.4.4)；
- 更正了式(3)中的错误，将  $a$  更改为  $a_0$ (见 5.2.2.4.4，2009 年版的 5.2.2.4.4)；
- 将紧凑拉伸试样  $a_0/W$  比值范围从 0.45~0.65 修改为 0.40~0.70[见 5.6.1.3 a)，2009 年版的 5.6.1.3 a) ]；
- 修改了预制疲劳裂纹的长度要求 [见 5.6.1.3 d)，2009 年版的 5.6.1.3 d) ]；
- 增加了最小裂纹扩展量  $\Delta a_{\min}$ ，并增加了式(12)(见 6.4.2、6.4.3，2009 年版的 6.4)；
- 修改了数据判定的检查表[见 7.3.5 d)、7.3.5 e)，2009 年版的 7.3.5 d)、7.3.5 e) ]。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 22889:2013《金属材料 低拘束试样测定稳态裂纹扩展阻力的试验方法》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 12160—2019 金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定(ISO 9513:2012，IDT)
- GB/T 16825.1—2008 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(ISO 7500-1:2004，IDT)
- GB/T 20832—2007 金属材料 试样轴线相对于产品结构的标识(ISO 3785:2006，IDT)
- GB/T 21143—2014 金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法(ISO 12135:2002，MOD)

本标准做了下列编辑性修改：

- 图 4 的子图的次序进行了重新安排。

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(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：武汉钢铁有限公司、东莞材料基因高等理工研究院、华东理工大学、力试(上海)科学仪器有限公司、深圳万测试验设备有限公司、冶金工业信息标准研究院、中核武汉核电运行技术股份有限公司、内蒙古包钢钢联股份有限公司、中国石油大学(北京)。

本标准主要起草人：李荣锋、涂善东、张显程、董莉、刘冬、尚伦、王琼琦、王斌、黄星、刘明辉、唐毅、张建军、帅健、侯慧宁。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 24522—2009。

## 引 言

ISO 12135:2002 采用紧凑拉伸试样和弯曲试样确定稳态或失稳裂纹扩展起始点的特定断裂韧度,以及稳态裂纹扩展阻力。由于这些试样类型具有近方形剩余韧带,而维持裂纹尖端处于高拘束状态。如果满足尺寸要求,由此测定的  $K_{IC}$ 、 $\delta_{0.2BL}$ 、 $J_{0.2BL}$  对尺寸不敏感,并被认为是断裂韧度下限值。尽管没有特别说明,其裂纹扩展阻力曲线( $R$ -曲线)同样对尺寸是不敏感的。

工程实践过程中,有些情况没有被 ISO 12135:2002 所覆盖,例如:

- 试样厚度远低于采用 ISO 12135:2002 测定尺寸不敏感性断裂性能的试样厚度要求;
- 可用的材料厚度不能保证经加工的试样满足尺寸不敏感性判据;
- 结构件的受力状态是拉伸而不是弯曲。

这些情况下结构件的拘束状态比 ISO 12135:2002 中规定试样的低,因此基于 ISO 12135:2002 的试验结果会导致过低预测结构件的裂纹扩展阻力和承载能力。

# 金属材料 低拘束试样测定稳态裂纹 扩展阻力的试验方法

## 1 范围

本标准规定了含裂纹的低拘束易塑性变形均质金属材料在承受准静态加载时稳态裂纹扩展阻力、裂纹张开位移  $\delta_5$  和临界裂纹尖端张开角  $\Psi_c$  的测定方法。对含缺口的紧凑拉伸试样和中心裂纹拉伸试样,通过疲劳预制裂纹,在缓慢增加位移量的条件下进行试验。

本标准描述的试验方法涵盖那些不满足断裂性能尺寸不敏感的试样,例如尺寸相对较薄的紧凑拉伸试样和中心裂纹拉伸试样。

本标准给出了测定裂纹扩展阻力曲线(R-曲线)的方法。与 ISO 12135:2002 测定紧凑拉伸试样断裂韧性特征值类似,在附录 D 中给出了采用中心裂纹拉伸试样测定断裂韧性特征值的方法。

裂纹扩展阻力的测定可以使用多试样法和单试样法。多试样法要求将多个名义上相同的试样加载到不同位移。通过对韧性裂纹扩展区域的标识以及随后的断口裂纹扩展量的测量得到裂纹扩展阻力曲线。只要能够满足符合规定的精度要求,基于卸载柔度法和电位法的单试样法也能够测量裂纹扩展。推荐的单试样法由 ISO 12135:2002 描述。无论哪种方法,目的是获得足够多的数据点,以充分地描述材料裂纹扩展阻力行为。

测定  $\delta_5$  相对简单易行。 $\delta_5$  的结果由阻力曲线表示,显示裂纹扩展在限定范围内的唯一性。远离该限定范围,紧凑拉伸试样的  $\delta_5$  阻力曲线显示了对试样宽度的强依赖性,而中心裂纹拉伸试样的  $\delta_5$  阻力曲线显示了对试样宽度的弱依赖性。

CTOA 的试验确定较  $\delta_5$  困难。临界 CTOA 由裂纹扩展一定程度后达到的稳定值表示。CTOA 的概念可以应用于裂纹扩展量非常大的场合,适用性超过现有  $\delta_5$  的应用范围。

两种裂纹扩展阻力的测定均适用于结构评估。 $\delta_5$  的概念是完整的,通过基于简单裂纹驱动力公式的现有评估步骤,可以应用于结构完整性问题。

CTOA 的概念总的来讲更准确。在结构应用方面需要数值方法,如有限元分析。

研究表明对紧凑拉伸试样和中心裂纹拉伸试样加载,直到最大载荷,稳定的 CTOA 与唯一的阻力曲线密切相关。在  $\delta_5$  阻力曲线和临界 CTOA 之间建立解析的或数值的关系还有待进一步研究。

## 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。

ISO 3785 金属材料 试样轴线相对于产品织构的标识(Metallic materials—Designation of test specimen axes in relation to product texture)

ISO 7500-1 金属材料 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(Metallic materials—Calibration and verification of static uniaxial testing machines—Part 1: Tension/compression testing machines—Calibration and verification of the force-measuring system)

ISO 9513 金属材料 单轴试验用引伸计的标定(Metallic materials—Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing)

ISO 12135:2002 金属材料 准静态断裂韧度的统一测定方法(Metallic materials—Unified