



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 29459.2—2012

---

## 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法 第2部分：室温下拉伸性能的试验方法

Small punch test methods of metallic materials for in-service pressure equipments—Part 2: Method of test for tensile properties at room temperature

2012-12-31 发布

2013-07-01 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

## 前 言

GB/T 29459《在役承压设备金属材料小冲杆试验方法》分为以下两个部分：

——第 1 部分：总则；

——第 2 部分：室温下拉伸性能的试验方法。

本部分为 GB/T 29459 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分主要参考 CWA 15627《金属材料小冲杆试验方法》并结合国内的实际情况和研究成果制定。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、华东理工大学、南京工业大学、江苏省特种设备安全监督检验研究院、福建省锅炉压力容器检验研究院。

本部分主要起草人：关凯书、徐彤、袁彪、凌祥、王志文、贾国栋、孙亮、龚凌诸。

# 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法

## 第2部分：室温下拉伸性能的试验方法

### 1 范围

GB/T 29459 的本部分规定了获得材料常温拉伸性能的小冲杆试验方法的符号说明、试验要求、试验记录、试验数据处理和试验报告。

本部分适用于承压设备金属材料。

### 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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 29459.1 在役承压设备金属材料小冲杆试验方法 第1部分：总则

### 3 符号

GB/T 29459.1 中给出的以及下列符号适用于本文件。

$A$  ——常规拉伸试验断后伸长率，%；

$E$  ——弹性模量，单位为兆帕(MPa)；

$F(u)$  ——试验测得的载荷位移关系函数，单位为牛顿(N)；

$\bar{F}(u)$  ——试验测得的曲线拟合成的载荷位移关系函数，单位为牛顿(N)；

$F_P$  ——小冲杆试验屈服载荷，单位为牛顿(N)；

$h_f$  ——断口最小厚度，单位为毫米(mm)；

$R_{el}$  ——常规拉伸试验屈服强度，单位为兆帕(MPa)；

$R_P$  ——常规拉伸试验非比例延伸强度，单位为兆帕(MPa)；

$R_m$  ——常规拉伸试验抗拉强度，单位为兆帕(MPa)；

$u_{max}$  ——小冲杆试验最大载荷时的冲杆位移，单位为毫米(mm)；

$Z$  ——常规拉伸试验断面收缩率，%；

$Z_{SP}$  ——小冲杆试验断面收缩率，%。

### 4 试验要求

#### 4.1 一般要求

除符合本部分要求外，还应符合 GB/T 29459.1。

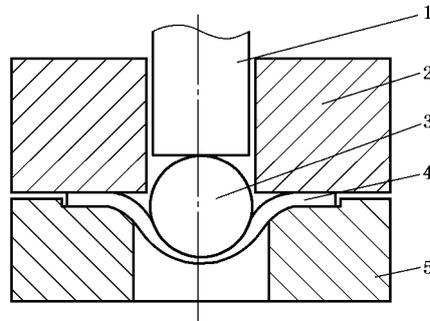
#### 4.2 试验环境

试验应在实验室中进行。除有特殊要求外，试验一般在 10 °C ~ 35 °C 的温度下进行。对温度要求

严格的试验,温度应为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。当有恶劣的环境时,应有特殊的预防措施。

### 4.3 试验加载过程

通过冲头,对试样的中心施加向下的载荷,试样的变形随载荷的增大逐渐增大,直至破裂。试样夹持及加载示意图见图 1。



说明:

- 1——分体式冲杆;
- 2——上夹具;
- 3——分体式冲头;
- 4——试样;
- 5——下夹具。

图 1 试样装夹及加载过程示意图

### 4.4 加载速率

应控制加载速率,使得应力速率和应变速率能够满足 GB/T 228.1 规定的要求。宜采用位移控制加载,加载速率恒定,控制在  $0.2\text{ mm/min}\sim 0.5\text{ mm/min}$  范围内。

## 5 试验获得的数据及试验记录

### 5.1 载荷位移曲线

试验获得的载荷-位移曲线如图 2 所示,这一曲线包含了弹塑性变形以及材料力学性能的信息。

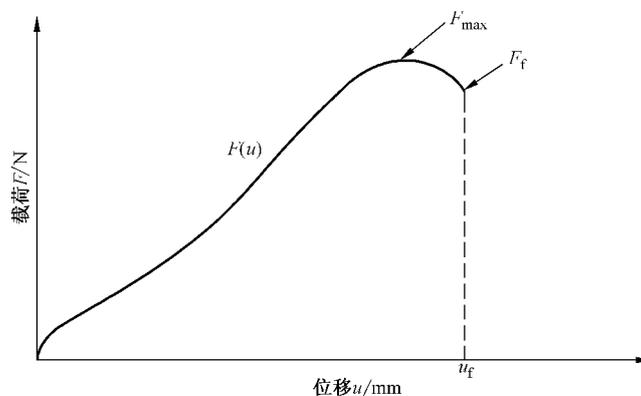


图 2 载荷-位移曲线

5.2 最大载荷  $F_{max}$

载荷-位移曲线上所记录的最大载荷值。

5.3 屈服载荷  $F_p$

当试样从弹性变形阶段到屈服变形阶段所对应的载荷值。可用 6.2 中规定的方法确定。

5.4 断口最小厚度  $h_f$

在断口起裂部位测得的最小厚度为断口最小厚度,测定位置见图 3。

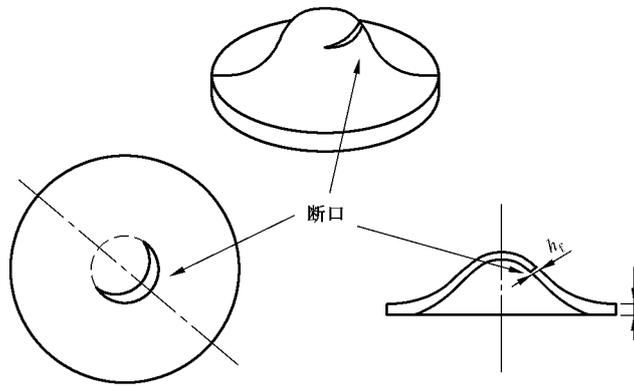


图 3 断裂后试样厚度  $h_f$

6 试验数据处理

6.1 总则

小冲杆试验无法直接得到材料的拉伸性能,需要根据载荷位移曲线上的屈服载荷、最大载荷、试样轴向变形量(冲杆位移)和试样断口最小厚度数据,采用经验关联公式换算出所测试样的拉伸性能。

6.2 屈服载荷  $F_p$  的确定

6.2.1 将位移小于试样厚度值时的实测载荷位移曲线  $F(u)$  用两条直线进行拟合(见图 4),拟合方程  $f(u)$  见式(1)所示:

$$f(u) = \begin{cases} \frac{f_A}{u_A} u & 0 \leq u \leq u_A \\ \frac{f_B - f_A}{u_B - u_A} (u - u_A) + f_A & u_A \leq u \leq u_B \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

其中,A 为第一条(过原点)直线与第 2 条直线的交点。B 为第 2 条线性段的终点。 $u_B$  通常取为试样厚度值。而  $u_A$  则根据式(1),通过计算式(2),使得误差 err 的值为最小而得到。

$$err = \int_0^{u_B} [F(u) - f(u)]^2 du \dots\dots\dots (2)$$

6.2.2 屈服载荷可确定为: $F_p = F(u_A)$ 。

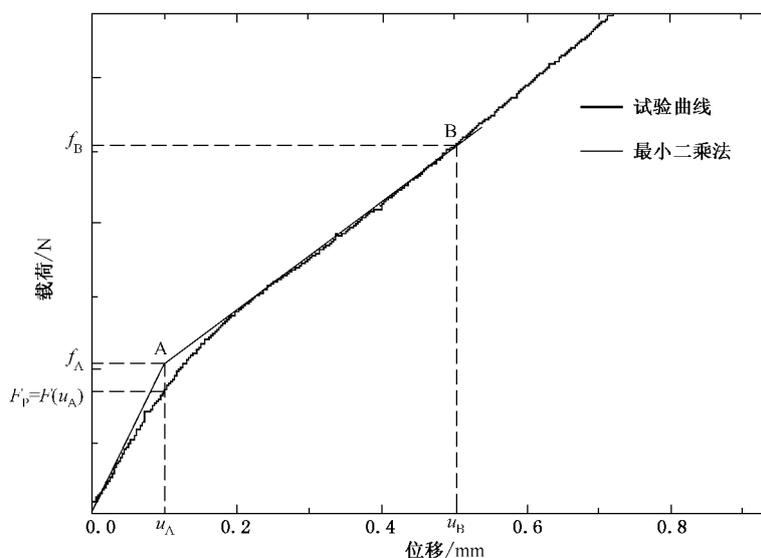


图 4 屈服载荷的确定方法

### 6.3 屈服强度的确定

对大量的材料同时进行标准试样的拉伸试验和小冲杆试验,分别得到材料的屈服强度  $R_{eL}$  和小冲杆载荷位移-曲线上的屈服载荷  $F_p$ 。然后建立坐标对二者进行回归。以  $F_p$  为横坐标,以  $R_{eL}$  为纵坐标,将所测数据分别输入坐标中,根据最小二乘法拟合出一条直线,建立式(3):

$$R_{eL} = R_1 F_p + b_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

从而建立小冲杆的屈服载荷与材料常规拉伸屈服强度的对应关系,进而可以根据小冲杆测试结果估算材料的屈服强度。其中,  $R_1$  和  $b_1$  与小冲杆试样几何尺寸相关,可通过对大量材料的标准试样拉伸和小冲杆试验确定  $R_1$  和  $b_1$  值。回归出的  $R_1$  和  $b_1$  值应可适用于所包含的同类材料。只要获得待测材料小冲杆试样的载荷-位移曲线上的  $F_p$  值,代入式(2)后即可获得待测材料的  $R_{eL}$  值。

### 6.4 抗拉强度的确定

与 6.2 条款中确定屈服强度的方法类似,先期进行大量试验,以  $F_{max}$  为横坐标,以  $R_m$  为纵坐标,将所测数据分别输入坐标中,根据最小二乘法拟合出一条直线,建立式(4):

$$R_m = R_2 F_{max} + b_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

从而建立小冲杆的屈服载荷与材料常规拉伸屈服强度的对应关系,进而可以根据小冲杆测试结果估算材料的抗拉强度。其中,  $R_2$  和  $b_2$  与小冲杆试样几何尺寸相关,可通过对大量材料的标准试样拉伸和小冲杆试验的线性回归,便可确定  $R_2$  和  $b_2$  值。

### 6.5 与常规断后伸长率 A 的关联

可根据试样中心点位移  $u_{max}$  与材料的断后伸长率 A 进行关联,建立式(5):

$$A = R_3 u_{max} + b_3 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$R_3$  和  $b_3$  是与小冲杆试样几何尺寸有关的常数,可通过对大量材料的标准试样拉伸和小冲杆试验的线性回归确定  $R_3$  和  $b_3$  值。

### 6.6 与常规断面收缩率 Z 的关联

通过小冲杆试验测得的断面收缩率可以获得试样断裂后厚度  $h_f$ , 利用断面收缩率  $Z_{SP}$ , 见式(6)——

即断裂后试样厚度的最大缩减量( $h-h_f$ )与原始厚度( $h$ )之比的百分率关联常规断面收缩率 $Z$ ,见式(7)。

即

$$Z_{SP} = \frac{h-h_f}{h} \dots\dots\dots(6)$$

$$Z = R_4 Z_{SP} + b_4 \dots\dots\dots(7)$$

$R_4$  和  $b_4$  是与小冲杆试样几何尺寸有关的常数,可通过对大量材料的标准试样拉伸和小冲杆试验的线性回归,便可确定  $R_4$  和  $b_4$  的值。

### 6.7 不合格数据的去除

试验中如果出现非正常数据,应该进行分析。如果是设备故障或测试材料的缺陷引起的,应该作为无效数据处理。

## 7 试验报告

试验报告一般应包括下列内容:

- a) 本标准号;
- b) 试样信息:材料名称、牌号、标识、原始尺寸、材料状态(热处理及焊接)、取样方向和位置、表面处理方式等;
- c) 试验设备:试验设备型号和编号;
- d) 试验条件:试验温度、加载速率;
- e) 测试结果:试验持续的时间、载荷-位移曲线、断后试样最小厚度;
- f) 试验中发现的任何异常或其他有必要记录的信息;
- g) 与常规拉伸性能关联并估算出常规拉伸性能值。