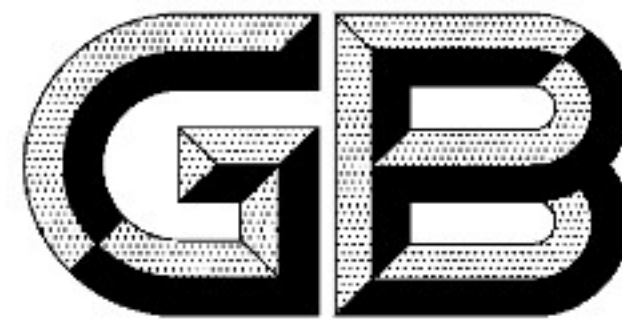


ICS 13.110
J 09



中华人民共和国国家标准

GB/T 17889.5—2019

梯子 第5部分：伸缩梯

Ladders—Part 5: Telescopic ladders

2019-08-30 发布

2020-03-01 实施

国家市场监督管理总局
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
梯 子 第 5 部 分 : 伸 缩 梯
GB/T 17889.5—2019

*

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

2019年8月第一版

*

书号: 155066·1-63300

版权专有 侵权必究

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 功能尺寸 3

 4.1 基本尺寸 3

 4.2 顶部踏棍/踏板间隙 3

 4.3 平衡杆 4

5 要求 4

 5.1 一般要求 4

 5.2 踏棍/踏板间距 4

 5.3 倚靠式梯子顶部的附加要求 4

 5.4 踏棍/踏板梯段的锁定 5

 5.5 设计 5

6 试验 5

 6.1 总则 5

 6.2 倾倒试验 5

 6.3 梯框强度试验 6

 6.4 梯框弯曲试验 7

 6.5 梯框侧向挠度试验 7

 6.6 梯框底端试验 7

 6.7 踏棍/踏板/平台的垂直载荷试验 7

 6.8 踏棍/踏板扭转试验 8

 6.9 踏棍/踏板拉拔试验 8

 6.10 自立式梯子张开限制和铰链试验 9

 6.11 倚靠式梯子的底部滑动试验 9

 6.12 锁定机构试验 10

 6.13 梯脚拉拔试验 12

 6.14 梯子长度方向扭转试验 12

 6.15 塑料梯的附加试验 13

 6.16 塑料踏棍/踏板支架试验 13

 6.17 自立式梯子耐久性试验 13

 6.18 开合循环试验 15

7 标识与使用说明书 15

 7.1 一般要求 15

GB/T 17889.5—2019

7.2 标识	15
7.3 使用说明书	16
附录 A (规范性附录) 试验顺序	17
参考文献	18

前 言

GB/T 17889《梯子》由以下 6 个部分组成：

- 第 1 部分：术语、型式和功能尺寸；
- 第 2 部分：要求、试验和标志；
- 第 3 部分：使用说明书；
- 第 4 部分：带有单个或多个铰链的梯子；
- 第 5 部分：伸缩梯；
- 第 6 部分：可移动式平台梯。

本部分是 GB/T 17889 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/TC 208)提出并归口。

本部分起草单位：佛山市顺德区万怡家居用品有限公司、浙江奥鹏工贸有限公司、安徽省中智科标准化研究院有限公司、上海瑞居金属制品有限公司、西安立贝安智能科技有限公司、福建省闽旋科技股份有限公司、宁波兴富工具有限公司、南京林业大学、广州创乾梯具有限公司、陕西泽秦实业有限公司、永康市伟格工贸有限公司、沈阳永攀金属制品有限公司、东莞瑞景电器科技有限公司、厦门万明电子有限公司、中机生产力促进中心、义乌江浩塑胶科技有限公司、天津市金锚集团有限责任公司、南安市中机标准化研究院有限公司、厦门三行电子有限公司、南安市质量计量检测所。

本部分主要起草人：杨毅、陈妙仁、崔从俊、蔡宝荣、李玲、冯盛辉、陶钧甫、居荣华、程云、蔡蔷、徐风格、陈明珍、林金理、黄景明、刘治永、程红兵、朱斌、徐跃平、黄东升、李杰、董凯菠、黄艳玲、付卉青、崔王旭、熊裕平、宋小宁、舒颖、陈玉洪、李春平、张晓飞。

GB/T 17889.5—2019

引 言

本部分与 GB/T 17889.1—2012、GB/T 17889.2—2012、GB/T 17889.3—2012 配套使用,且在适用时,还可与 GB/T 17889.4—2012 配套使用。

梯子 第5部分:伸缩梯

1 范围

GB/T 17889 的本部分规定了伸缩梯的主要设计特点、功能尺寸、定义、要求和试验方法。
本部分适用于高度不大于 5 m 的伸缩梯。
本部分不适用于延伸式梯子。

2 规范性引用文件

下列文件中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 17889.1—2012 梯子 第1部分:术语、型式和功能尺寸
- GB/T 17889.2—2012 梯子 第2部分:要求、试验和标志
- GB/T 17889.3—2012 梯子 第3部分:使用说明书
- GB/T 17889.4—2012 梯子 第4部分:带有单个或多个铰链的梯子
- GB/T 25915.1 洁净室及相关受控环境 第1部分:空气洁净度等级

3 术语和定义

GB/T 17889.1—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

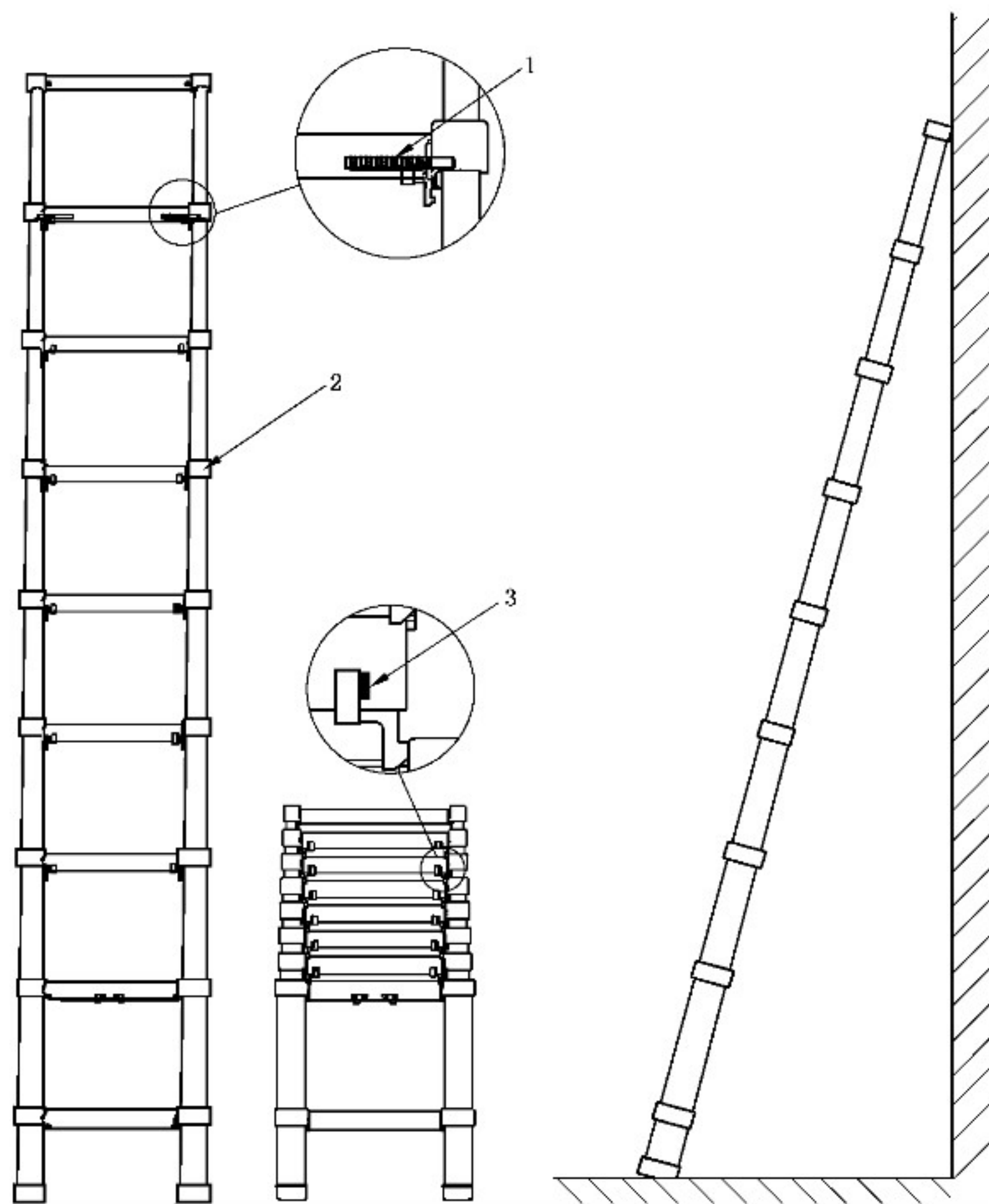
伸缩梯 telescopic ladder

由三个或三个以上踏棍/踏板梯段组成,且梯框可伸缩的梯子。

注1: 伸缩梯的示例,见图1。

注2: GB/T 17889.1—2012,3.8 定义的延伸式梯子不在本部分的范围。

GB/T 17889.5—2019



说明：

- 1——踏棍/踏板梯段的锁定机构；
 2——支架；
 3——锁定指示器。

图 1 伸缩梯的示例

3.2

铰接伸缩梯 hinge-joint telescopic ladder

含有一个或一个以上的铰接装置,且铰接装置至少有一个预先设定的锁定位置的伸缩梯。

注:铰接伸缩梯也属于伸缩梯的一种型式。

3.3

踏棍/踏板梯段 rung/step section

含有一级踏棍/踏板并连着两个伸缩梯框的梯段。

3.4

支架 bracket

将踏棍/踏板连接到梯框的固定部件。

注:见图 1。

3.5

踏棍/踏板梯段锁定机构 rung/step section locking mechanism

锁定踏棍/踏板的机构。

注:见图 1。

3.6

锁定指示器 locking indicator

显示踏棍/踏板梯段或者部分踏棍/踏板梯段锁定/解锁状态的机构或部件。

注：见图 1。

3.7

锁定销 locking pin

将每个踏棍/踏板梯段锁定并在锁定机构中起锁定作用的部件。

3.8

挤压保护 protection against squeezing

采用机构(如制动系统)或措施使梯子收缩时将人体的挤压风险降至可接受水平。

3.9

解锁功能 release function

解除锁定机构的功能。

3.10

底段 base section

从梯子底端开始的第一个梯段。

3.11

可攀爬部分 ascendable part

所有可以攀爬的含有踏棍/踏板梯段。

3.12

收合状态 storage position

所有踏棍/踏板梯段处于收合时的状态。

3.13

平衡杆 stabilizer

安装在梯子底端,起放大 b_2 以提高梯子稳定性的强化装置。

注： b_2 的定义参见 GB/T 17889.1—2012,3.32。

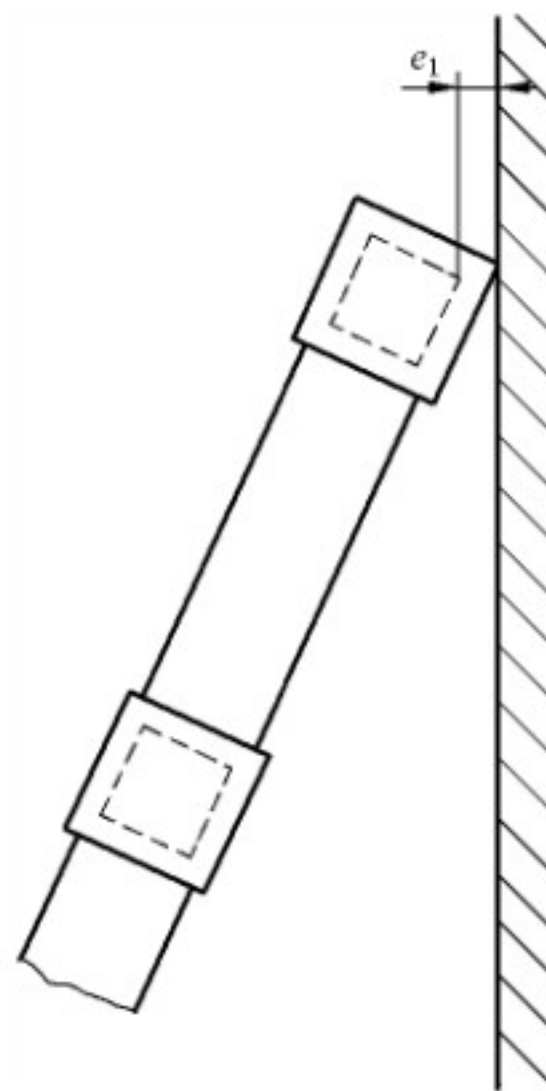
4 功能尺寸

4.1 基本尺寸

除 4.2~4.3 规定的尺寸外,伸缩梯的其余尺寸见 GB/T 17889.1—2012。

4.2 顶部踏棍/踏板间隙

尺寸 e_1 是当踏棍式梯子在其使用位置处于 $65^\circ\sim 75^\circ$ 之间的任何角度测量时,或者踏板式梯子在其使用位置处于 $60^\circ\sim 70^\circ$ 之间的任何角度测量时,顶部踏棍/踏板与障碍物之间的水平间隙(见图 2)。在任何情况下, e_1 应满足: $35\text{ mm}\leq e_1\leq 300\text{ mm}$ 。



说明:

e_1 ——顶部踏棍/踏板与障碍物之间的水平间隙。

图 2 顶部踏棍/踏板间隙

4.3 平衡杆

梯子完全延伸后的长度 $l_1 > 3$ m 时,宜增加平衡杆或等同功能的部件,以确保梯子的稳定性。平衡杆的总长度 b_2 尺寸应符合以下要求:

$$b_2 = b_1 + 0.1l_1 + 2t \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

b_2 ——平衡杆的总长度;

b_1 ——内侧宽度;

l_1 ——梯子完全延伸后的总长度;

t ——最下一级梯框的厚度。

如果根据式(1)计算出的 b_2 值大于 1.2 m 时,则 b_2 应取 1.2 m。

5 要求

5.1 一般要求

本部分给出的图仅为示例,伸缩梯不必符合这些图的要求,但应符合图中的尺寸要求。其他要求见 GB/T 17889.2—2012。

5.2 踏棍/踏板间距

当梯子处于使用状态时,允许站立的踏棍/踏板的间距应始终保持一致且满足 GB/T 17889.1—2012 的要求。

梯子处于使用状态时,在梯子的可攀爬部分,踏棍/踏板间距应一致,公差为 ± 2 mm,并且使用者不能改变这些距离。没有延伸的踏棍/踏板梯段应全部处于梯子顶端。

5.3 倚靠式梯子顶部的附加要求

倚靠式梯子顶部的设计应确保梯子顶端与竖直平面为两个区域接触。

5.4 踏棍/踏板梯段的锁定

梯子的设计应使得梯子处于使用位置时,所有延伸的踏棍/踏板梯段处于锁定状态。

对于可伸缩单元(每个踏棍/踏板梯段),针对每个相应梯框都应有一个锁定机构。锁定机构的状态(锁定/解锁)应在指示器中明确显示。

注:指示器可以是带颜色的区域或可见的锁定销。

当站立在竖直的梯子前面并扶住梯子,目视检查锁定指示器的状态时,指示器应能清楚给出处于锁定或解锁状态。

5.5 设计

螺栓和螺母应防松,如通过自锁或者通过安全机构机械锁定。

不使用工具应不可能将各个踏棍/踏板梯段分开。

设计中应尽可能消除挤压点和剪切点。对于不可避免的挤压点或剪切点,应尽可能减小挤压和剪切的风险。

注1:在运动期间的任何位置,如果两个可接近部件的相对距离小于 25 mm 且大于 7 mm,则可认为存在剪切/挤压点。

应尽可能以安全的方式解锁和滑动梯子。梯子的设计应避免踏棍/踏板之间的挤压。

注2:挤压保护可采用梯子缓慢滑动或者踏棍之间特殊的机构等方式解决。缓慢滑动是指收合时,每个踏棍/踏板梯段的收合时间都不小于 1.5 s。

如果只采用距离防护装置来防止踏棍/踏板之间的挤压,则该装置与使用者收合梯子时制造商推荐的手放置位置之间的间距应不小于 80 mm。

6 试验

6.1 总则

除非在具体试验中有说明,所有试验都应满足以下公差:

- a) 梯子总长测量或试验时支点之间的距离测量:±5 mm;
- b) 除 a)之外的纵向长度测量:±1 mm;
- c) 角度测量:±1°;
- d) 静态力和扭矩:±1%。

应在 15 °C~25 °C 环境下进行试验。

如果根据梯子的结构不能确定攀爬侧,或者梯子是由多部分组成的组合梯时,则应按照 6.3 和 6.4 对梯子试验两次。在一侧完成强度试验和弯曲试验后,应沿纵轴方向旋转 180°重复 6.3 和 6.4 的试验。

试验前应完全延伸梯子并进行目视检查,以确定每个部件是否满足操作条件。

针对附录 A 中的试验模组 A,按照 6.2 进行倾倒试验后的状态作为试验梯子的预置条件。

6.2 倾倒试验

将梯子完全延伸且竖直放置,在梯子自重状态下沿使用方向倾倒,然后沿纵轴旋转 180°后重复试验。

将梯子返回收合状态。

倾倒试验后,梯子应满足以下要求:

- 不应出现破裂的零部件;
- 梯子的伸缩功能和锁定指示器应正常工作;
- 锁定机构应正常工作;

GB/T 17889.5—2019

- 踏棍/踏板与梯框之间应无相对移动；
- 不应出现削弱梯子性能和/或安全性的永久变形；
- 整梯应适合使用；
- 防止挤压或夹持的保护系统应功能完全正常。

6.3 梯框强度试验

试验应在按照说明书完全延伸的整梯上进行。长度大于 3 m 的梯子应在安装平衡杆的状态下进行试验。

如果根据梯子的结构不能确定攀爬侧,或者梯子是由多部分组成的组合梯时,则应对梯子试验两次。进行第二次试验时,梯子应沿着纵轴旋转 180°。

将完全延伸的梯子按使用状态放置于平整光滑的平面,且倾角为 65°。梯子上端的倚靠表面应是竖直的光滑表面,底端应通过挡块防止滑动(见图 3)。

在最靠近梯子中间的踏棍/踏板上,尽可能靠近梯框的位置,施加均布在踏棍/踏板长度方向上 100 mm 范围内的试验载荷 $F=2\ 250\text{ N}$ (见图 3),持续 1 min。宜平缓施加载荷。

单位为毫米

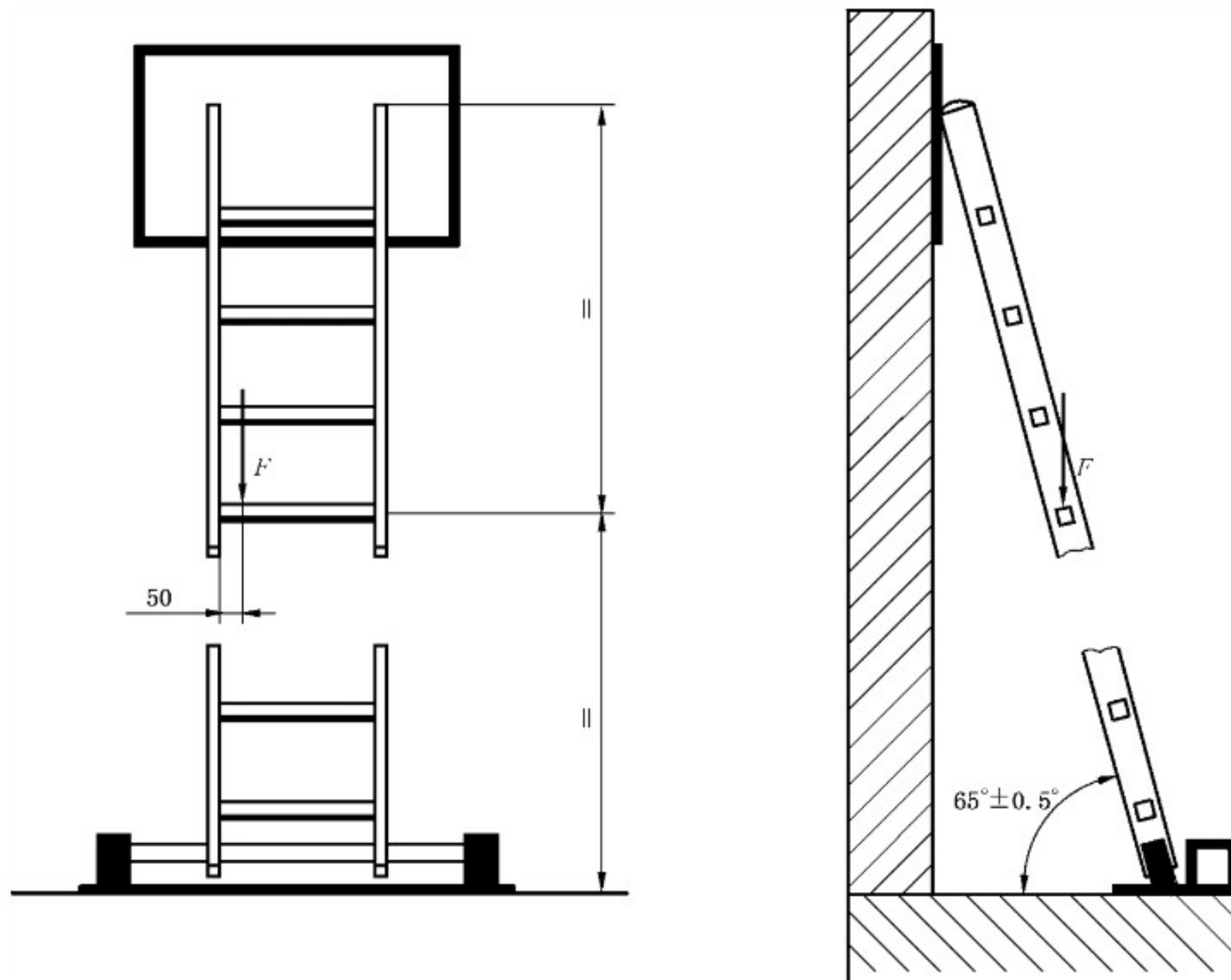


图 3 梯框强度试验

在说明书中允许使用的最高一级踏棍/踏板上,尽可能靠近梯框的位置,施加均布在踏棍/踏板长度方向上 100 mm 范围内的试验载荷 $F=2\ 250\text{ N}$,持续 1 min。宜平缓施加载荷。

移除荷载后,将梯子完全收合,然后开合该梯子。

试验后,应满足以下要求:

- 不应出现破裂的零部件；
- 梯子的伸缩功能和锁定指示器应正常工作；
- 锁定机构应正常工作；
- 踏棍/踏板和梯框之间应无相对移动；

——不应出现削弱梯子性能和/或安全性的永久变形。

带平衡杆的梯子,试验过程中除梯脚外的最低点离地间距不应小于 10 mm。

6.4 梯框弯曲试验

在 GB/T 17889.2—2012 中 5.3 规定的位置预加载 100 N 并持续 1 min,移除预加载荷后,梯子的位置为初始测量位置。然后应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.3 对伸缩梯的梯框进行试验,并满足试验要求。

6.5 梯框侧向挠度试验

应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.4 对伸缩梯的梯框进行试验,并满足试验要求。

6.6 梯框底端试验

应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.5 进行试验,并满足试验要求。

如果梯框底端安装了平衡杆,则不进行本试验。

6.7 踏棍/踏板/平台的垂直载荷试验

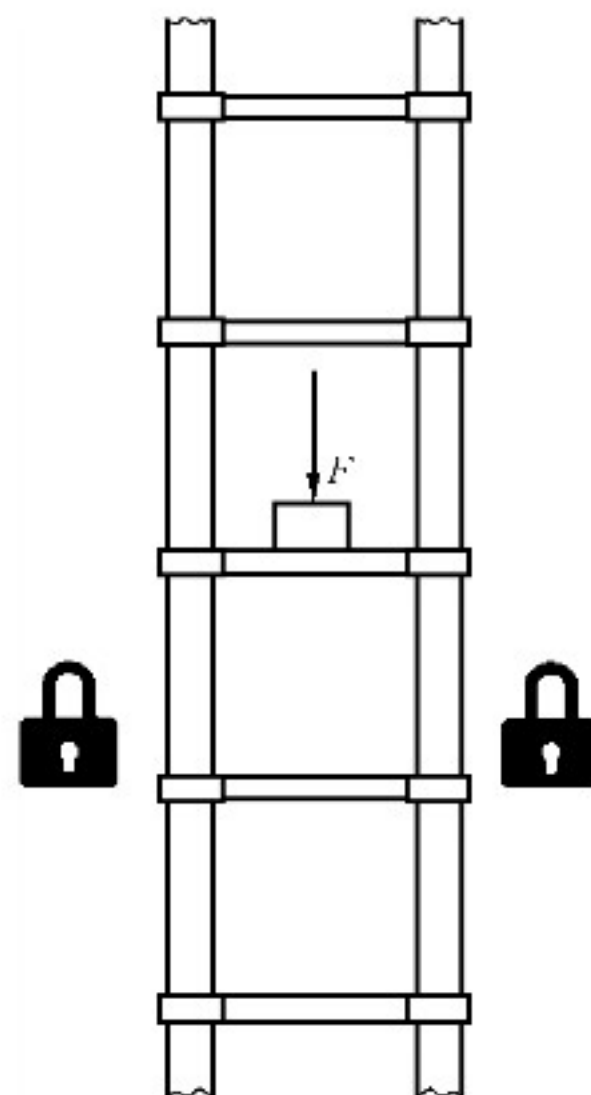
6.7.1 一般要求

对于 6.7.2~6.7.3 的试验,试验前应把完全延伸的梯子放置为说明书允许的最大角度的使用位置。施加 200 N 的预加载荷并持续 1 min,加载位置应为相应的试验载荷加载位置。移除预加载荷后的踏棍/踏板/平台位置为测量的初始位置。初始位置测量完毕后,不应移动/更换梯子。

6.7.2 踏棍/踏板——锁定位置

在最不利的踏棍/踏板的中点,垂直施加均布在 100 mm 范围内的试验载荷 $F = 2\ 600\ \text{N}$,持续 1 min (见图 4)。

移除试验载荷后,最大永久变形应为小于或等于在被试验踏棍/踏板下部测量的内宽 b_1 的 0.5%。



说明:

F ——试验载荷。

图 4 踏棍/踏板垂直载荷试验——锁定位置

GB/T 17889.5—2019

6.7.3 平台

如果伸缩梯带有平台,则应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.6.3 进行试验,并满足试验要求。

6.7.4 踏棍/踏板——解锁位置

将完全延伸的梯子按使用状态放置于平整光滑的平面,且倾角为 75° 。梯子上端的倚靠表面应是竖直的光滑表面,底端应通过挡块防止滑动。对于两个方向均可使用的踏棍/踏板,如铰链伸缩梯,在两个方向上均应进行试验。

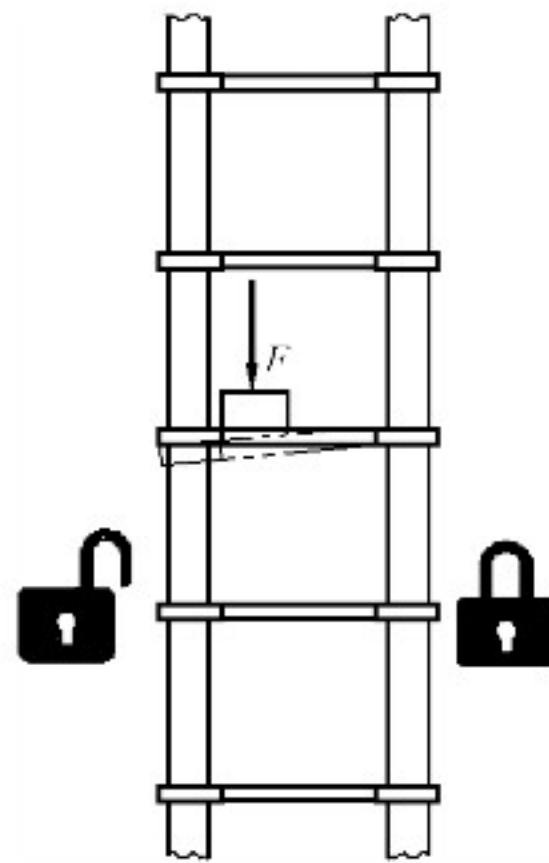
在说明书允许使用的最高一级踏棍/踏板上,尽可能靠近梯框的位置,施加均布在踏棍/踏板长度方向上 100 mm 范围内的试验载荷 $F=2\ 600\text{ N}$,持续 1 min(见图 5)。宜平缓施加载荷。

在施加载荷前,应打开踏棍/踏板梯段施加载荷这一侧的锁定机构。

移除荷载后,应将梯子返回收合状态并再次完全延伸梯子。

试验后,应满足以下要求:

- 不应有破裂的部件;
- 梯子的伸缩功能和锁定指示器应正常工作;
- 锁定机构应正常工作;
- 踏棍/踏板和梯框之间应无相对移动;
- 不应出现削弱梯子性能和/或安全性的永久变形。



说明:

F ——试验载荷。

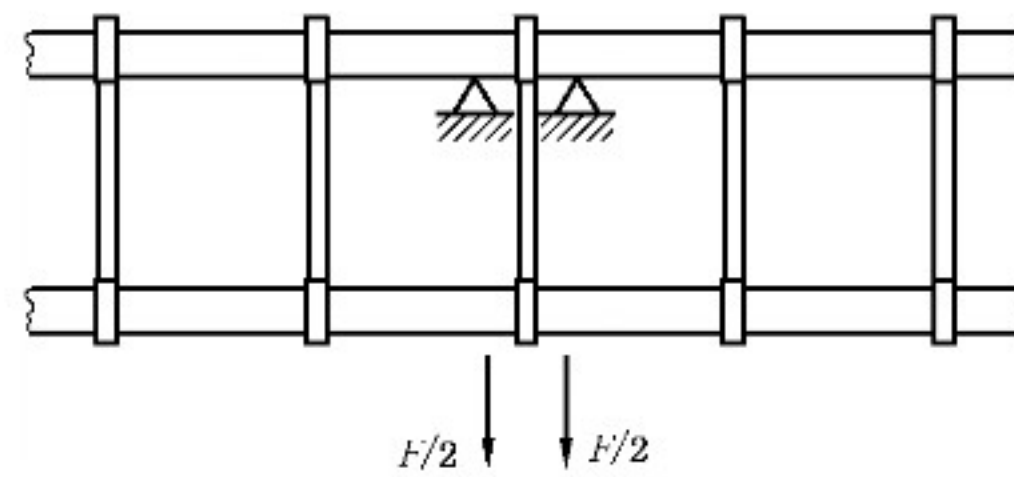
图 5 踏棍/踏板垂直载荷试验——解锁位置

6.8 踏棍/踏板扭转试验

应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.7 进行试验,并满足试验要求。

6.9 踏棍/踏板拉拔试验

踏棍/踏板的拉拔试验应在完全延伸的梯子上进行。选择最接近梯子中间的踏棍/踏板,沿踏棍/踏板长度方向,在尽量靠近该踏棍/踏板的两侧位置,同时平缓施加 $F/2$ ($F=2\ 600\text{ N}$) 试验载荷(见图 6)。试验后,所有踏棍/踏板梯段的伸缩功能和锁定机构应正常工作。



说明:

F ——试验载荷。

图 6 踏棍/踏板拉拔试验

6.10 自立式梯子张开限制和铰链试验

对于自立式伸缩梯,应将梯子完全延伸后,按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.8 进行试验,并满足试验要求。

6.11 倚靠式梯子的底部滑移试验

6.11.1 一般要求

所有倚靠式梯子或可以作为倚靠式梯子使用的梯子应按照表 1 进行试验。

如果根据梯子的结构不能确定攀爬侧,则应试验两次。第二次试验时,应将梯子绕其纵轴旋转 180° 。

注:第二次试验可选择其他梯子。

表 1 倚靠式梯子底部滑移试验

伸缩梯类型	试验类型
长度不大于 4 m 的倚靠式梯子	整梯试验(在完全延伸的条件下)
长度大于 4 m 的倚靠式梯子	梯子延伸到最接近 4 m 且不超过 4 m 的长度

对于带平衡杆的梯子,应按照说明书安装平衡杆之后进行试验。

如果铰链伸缩梯可作为倚靠式梯子使用,则应按照倚靠式梯子进行试验。

应使用新的梯脚进行试验。

支撑梯子底部的表面应是一层平整光滑的浮法玻璃,且其厚度应能承受梯子及试验载荷的重量。

支撑梯子上端的倚靠表面应是坚固光滑的不锈钢、光滑玻璃或光滑的高密度胶合板。

6.11.2 试验预处理程序

在试验前,支撑梯子底部的浮法玻璃表面和支撑梯子上端的倚靠表面均应使用纯工业级乙醇清洗,并在洁净室中用干卫生纸擦拭。清洗完毕后,在另一个洁净室用干卫生纸清除剩余的乙醇。

在试验前,梯脚应在符合 GB/T 25915.1 的 ISO 5 级洁净室内使用小颗粒的干卫生纸擦拭干净。

在放置梯子之前,支撑表面应保持干燥 20 min。

6.11.3 试验程序

试验时,梯子的倾角应为 75° 或最大设计角度。梯脚应放在浮法玻璃上,且梯子顶部靠在上端的倚靠表面(见图 7)。将精度为 $\pm 0.5^\circ$ 的角度仪放置在靠近梯子底部的梯框上,测量梯子的倾角,确认梯子的倾角是否正确。

GB/T 17889.5—2019

梯子的底部应加以限制,以防止向外移动。

应在梯子的底部设置基准,作为梯脚向外移动的移动起点。

在试验前及试验期间,支撑梯子底部的浮玻璃的表面温度,梯脚及其周围空气的温度,均应保持在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。空气温度应在距梯脚水平方向 100 mm 以内,距支撑梯子底座的浮法玻璃表面 10 mm 以内的高度上测量。

应在梯子顶部向下的第四级踏棍/踏板的中点,施加 1 471 N 的垂直试验荷载。

静置 2 min 后,移除防止梯子底部向外移动的约束,并在 1 min 后放回防止梯子向外移动的约束。

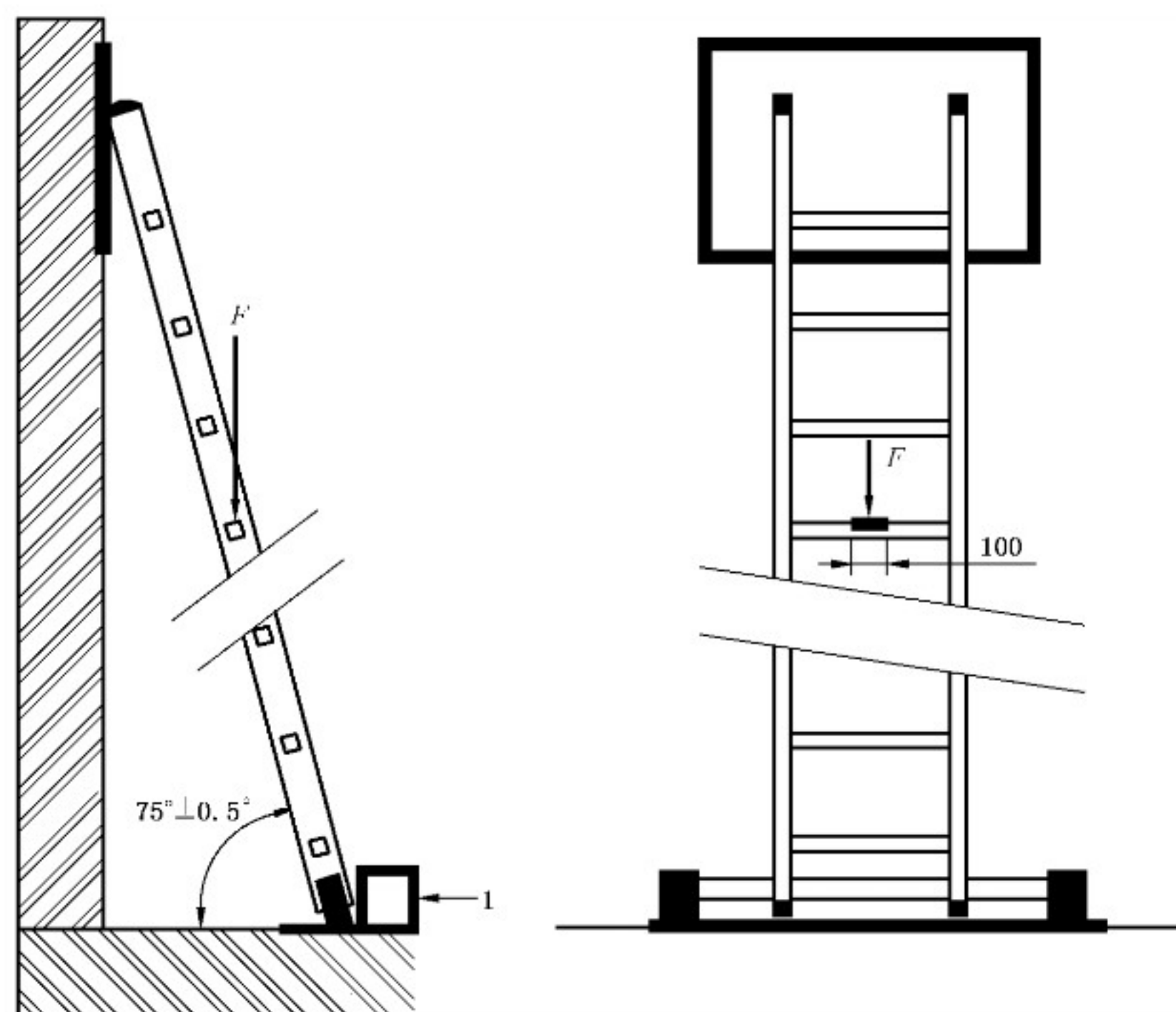
测量梯脚相对于测量基准的移动距离。

重复试验 4 次,且不能更换梯脚,不能重复清洗过程。

6.11.4 试验要求

梯脚相对于测量基准的移动距离不应超过 40 mm。

单位为毫米



说明:

F ——试验载荷;

1——约束。

图 7 倚靠式梯子底部滑移试验

6.12 锁定机构试验

6.12.1 锁定机构循环试验

试验应针对梯子底部可伸缩的两级踏棍/踏板梯段。试验时,梯子应竖直放置且底端固定。

应按照以下顺序进行试验:

a) 解锁踏棍/踏板(如果有需要);

- b) 拉出可伸缩的两级踏棍/踏板梯段直到自动锁定；
- c) 在每个梯框顶端垂直施加 750 N 的载荷,并持续 3 s~5 s；
- d) 移除荷载并解锁；
- e) 靠梯子自重收合梯子,如果自重不能将梯子收合,则应手动收合。

在踏棍/踏板梯段运动过程中,不应操作锁定机构或解锁功能。

本试验应循环 4 000 次。试验的频率应尽量减小发热和动力冲击。

试验应满足以下要求：

- 踏棍/踏板锁定结构在试验中和试验后都应能正常工作；
- 如果踏棍/踏板在试验后有可见的损坏,则应针对该踏棍/踏板再次进行 6.7.2 的试验。

试验前和试验中不应加润滑剂。

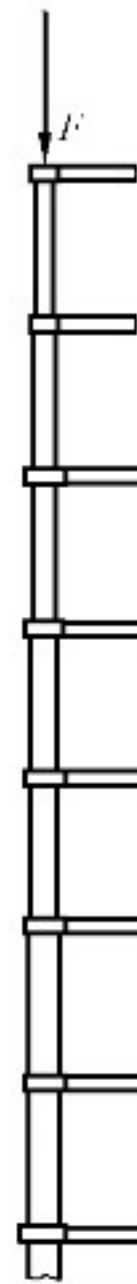
6.12.2 锁定机构静压试验

将完全延伸的梯子竖直放置。

将 $F=3\ 500\ \text{N}$ (见图 8)的试验载荷沿梯子长度方向施加在梯子的顶端,持续 1 min。

移除荷载后,梯子不应出现削弱梯子性能和安全性的永久变形。

在另一个梯框上重复本试验。



说明：

F ——试验载荷。

图 8 锁定机构试验

6.12.3 铰接头循环试验

对于有铰链的伸缩梯,按照 GB/T 17889.4—2012 中 6.2.3 进行铰接头循环试验。

试验后,应满足以下要求：

- 不应有破裂的部件；
- 梯子的伸缩功能和锁定指示器应正常工作；

GB/T 17889.5—2019

- 锁定机构应正常工作；
- 踏棍/踏板与梯框之间应无相对移动；
- 不应出现削弱梯子性能和/或安全性的永久变形。

6.13 梯脚拉拔试验

本试验应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.11 进行。

6.14 梯子长度方向扭转试验

6.14.1 试验程序

试验应在完全延伸的梯子上进行。

如果根据梯子的结构不能确定攀爬侧,或者梯子是由多部分组成的组合梯时,则应对梯子试验两次。对于第二次试验,应完全收合并再次完全延伸后,沿着纵轴旋转 180°对另一侧进行试验。

梯子应水平放置,攀爬侧朝上置于距离梯子两端各 200 mm 的支点上。支点为一个固定,另一个可自由转动的圆柱体,其直径为 25 mm~100 mm(见图 9)。

在梯子中间垂直施加一个均布在 50 mm 内且使两侧梯框均匀受力的预加载荷 491 N,持续 30 s [见图 9a)]。移除预加载荷后,梯框中间位置为测量基准点。然后将 638 N 的试验载荷加载到一侧边框的中间,载荷均布在 50 mm 内[见图 9b)]。

施加试验载荷并持续 30 s 以上,测量两侧边框中间的垂直挠度[见图 9c)]。

6.14.2 试验要求

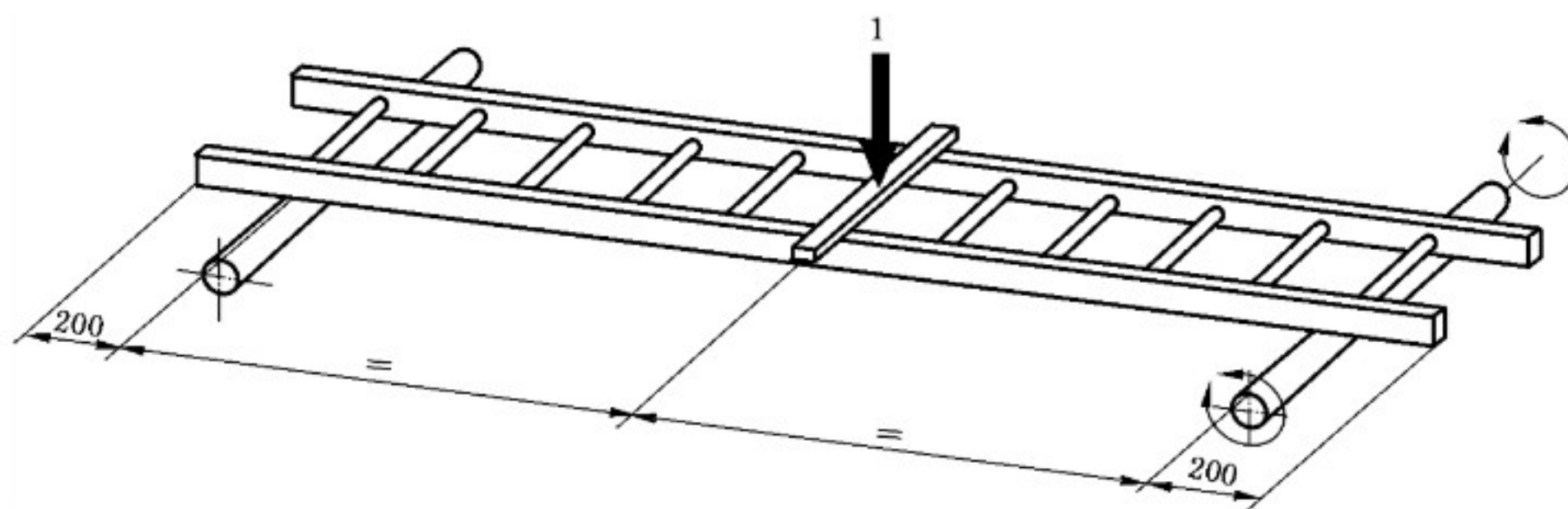
两侧梯框的挠度差应满足以下要求:

$$f_1 - f_2 \leq 0.07b_0 \dots\dots\dots(2)$$

式中:

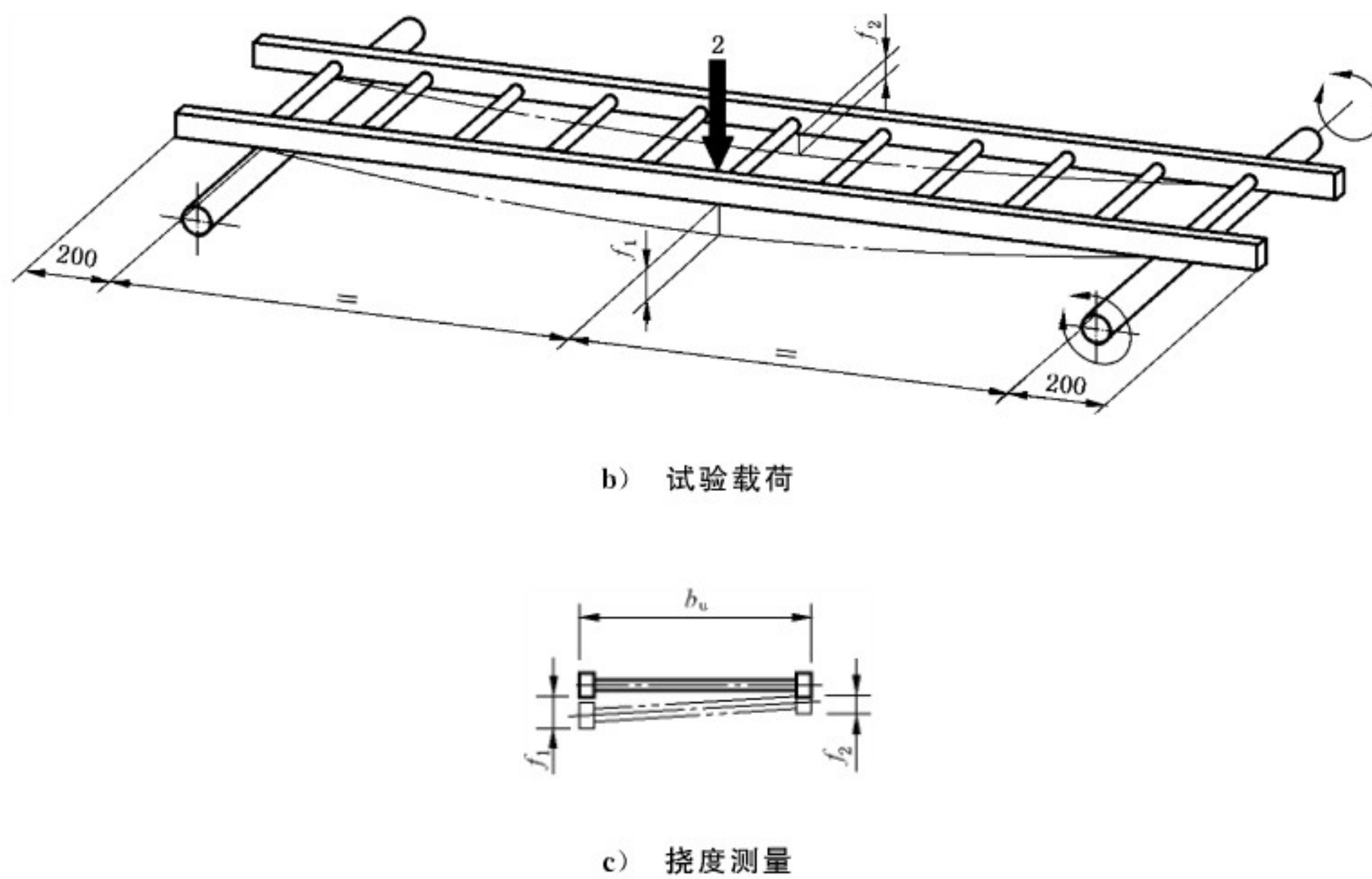
- f_1 ——被加载的梯框中间的挠度;
- f_2 ——未加载的梯框中间的挠度;
- b_0 ——梯子在载荷施加位置的外宽[见图 9c)]。

单位为毫米



a) 预加载荷

图 9 扭转试验



说明：

1——预加载荷；

2——试验载荷。

图 9 (续)

6.15 塑料梯的附加试验

塑料梯还应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.16 进行试验,并满足试验要求。

6.16 塑料踏棍/踏板支架试验

如果踏棍/踏板支架由塑料组成,则应按照 GB/T 17889.2—2012 中 5.16.2.2 进行。

6.17 自立式梯子耐久性试验

6.17.1 一般要求

本试验针对自立式伸缩梯或可作为自立式梯子使用的伸缩梯。

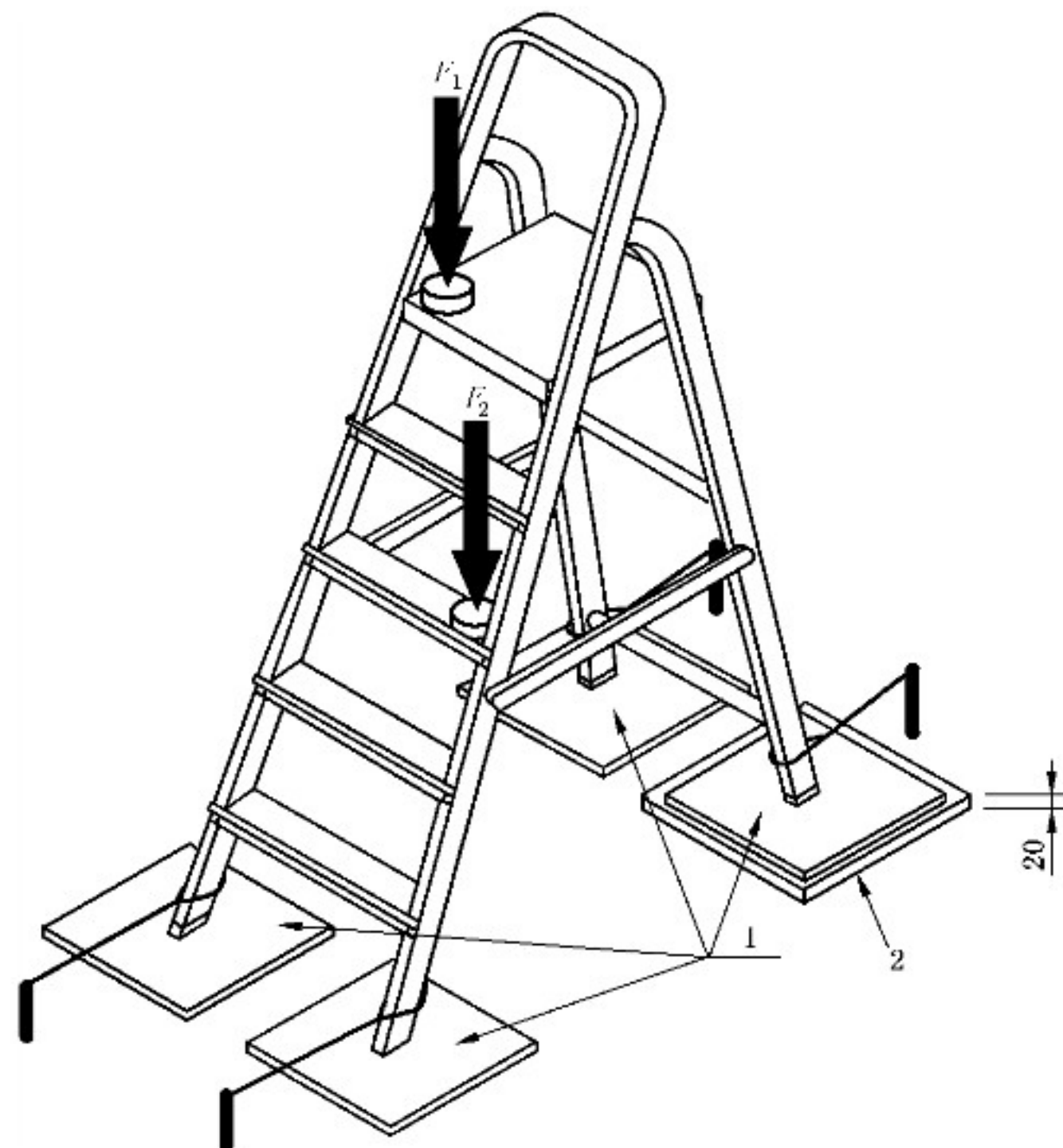
试验环境温度应为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在试验前和试验过程中都应保持在这个温度范围内。

本试验应循环 10 000 次。

6.17.2 原则

自立式梯子呈使用状态放置,用弹性绳或织带在试验平面上拉住梯子的 4 个梯脚,以减少梯脚的移动(见图 10)。

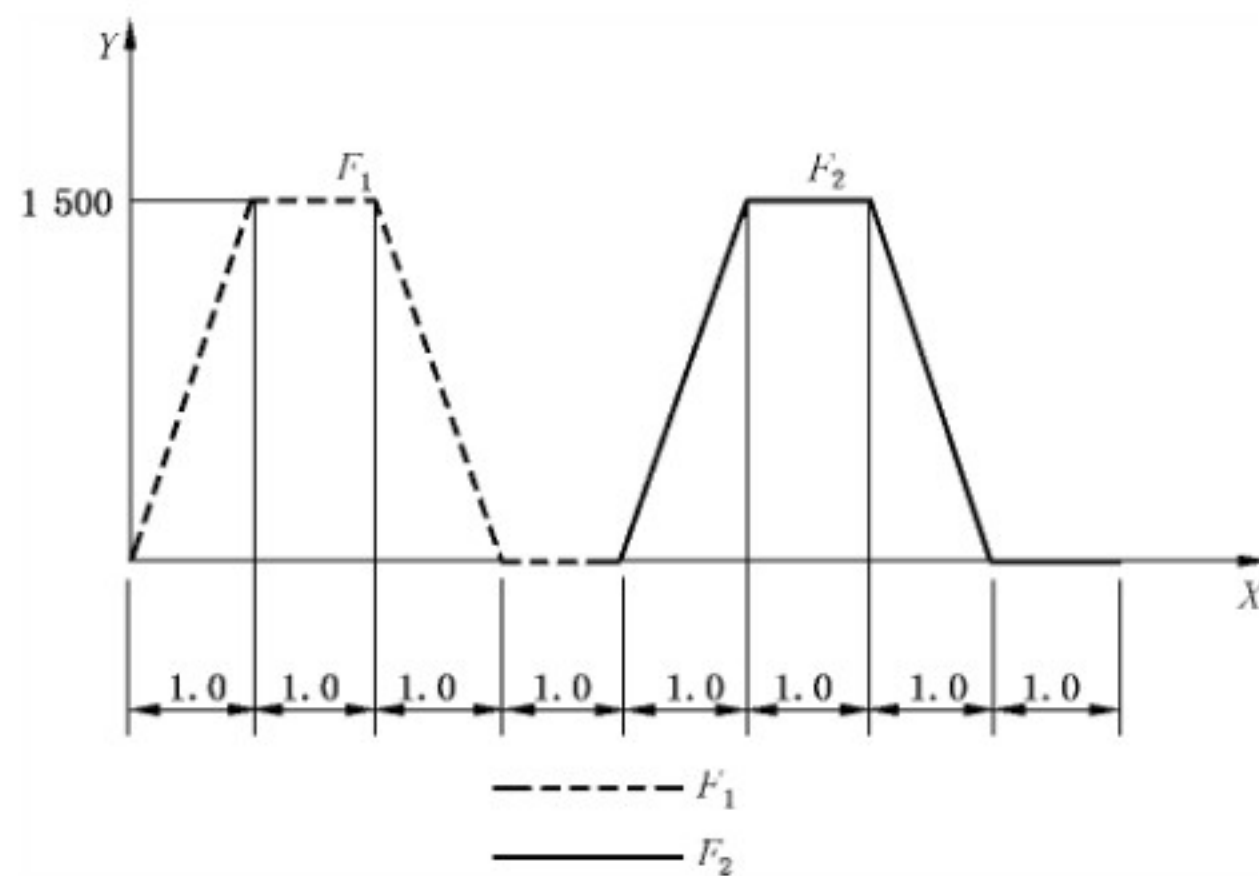
单位为毫米



说明：
 1——不锈钢；
 2——垫块(20 mm)；
 F_1 ——试验载荷；
 F_2 ——试验载荷。

图 10 自立式梯子耐久性试验示意图

两个相等的试验载荷 F_1 和 F_2 通过试验设备加载到梯子上。试验设备应按照图 11 循环加载： F_1 加载到顶部踏棍/踏板/平台， F_2 加载到攀爬腿中间的踏棍/踏板。



说明：
 F_1 ——试验载荷；
 F_2 ——试验载荷；
 X ——时间(s)；
 Y ——载荷(N)。

图 11 试验加载顺序(循环加载)

6.17.3 试验程序

试验程序包括以下步骤：

- a) 确认用于试验的自立式梯子没有缺陷；
- b) 将自立式伸缩梯完全延伸后并最大限度打开放置在试验平面上，其中一个支撑腿垫高20 mm，以模拟不平整的表面(见图 10)；
- c) 确定位于攀爬侧 l_2 中点的踏棍/踏板，或者距离 l_2 中点上方最近的踏棍/踏板；
- d) 将 F_2 通过衬垫加载到 c) 中确定的踏棍/踏板上，其中心线距离梯框内侧 $70\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ；
注：衬垫为直径 60 mm、厚度 25 mm 的橡胶垫，其硬度为 60 ± 5 邵氏硬度。
- e) 调整衬垫的高度，使其下表面与踏棍/踏板上表面的垂直距离为 $5\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ ；
- f) 将 F_1 通过衬垫加载到顶部踏棍/踏板/平台上，其中心线距离梯框内侧 $70\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ，调整衬垫高度，使其下表面与踏棍/踏板/平台上表面的垂直距离为 $5\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ ；
- g) 用弹性绳或织带在试验平面上拉住梯子的 4 个梯脚；
- h) 确认载荷 F_1 和 F_2 为 $1\ 500\text{ N} \pm 50\text{ N}$ ；
- i) 按照图 11 给出的试验加载顺序启动测试；
- j) 载荷应持续加载，直至试验结束。

6.18 开合循环试验

梯子垂直放置，锁定机构保持打开状态，将梯子完全延伸，然后完全收合。此过程为开合试验的一个循环。

延伸速度不应超过 200 mm/s 。依靠自重收合的梯子，如果不能完全收合，则可手动收合。

试验应循环 4 000 次。

试验后，应满足以下要求：

- 不应有破裂的部件；
- 梯子的伸缩功能和锁定指示器应正常工作；
- 锁定机构应正常工作；
- 踏棍/踏板与梯框之间应无相对移动；
- 不应出现削弱梯子性能和/或安全性的永久变形；
- 挤压保护系统的功能正常。

7 标识与使用说明书

7.1 一般要求

使用说明书应满足 GB/T 17889.3—2012 的要求。

标识和使用说明书应经久耐用。耐久性应通过查验和轻微的擦拭其表面进行检查：

- 首先使用软布蘸水擦拭 15 s；
- 然后使用软布蘸溶剂油擦拭 15 s，如：正己烷。

标识和使用说明书的可读性应不受影响，且不干胶边缘部位不应脱落。

7.2 标识

标识应满足 GB/T 17889.3—2012 的要求。此外，还应满足以下要求：

- 在梯子上应有锁定和解锁的操作说明(如通过文字或图示)。如果采用图示，则应在使用说明书中解释。

GB/T 17889.5—2019

- 应通过标识向使用者说明梯子的攀爬侧。
 - 在倚靠式梯子上应标明梯子靠近顶部的四级踏棍/踏板或者梯子顶端的最后 1 m 不准许攀爬。
- 在梯子上应说明使用者在收起梯子时,手应放置的安全位置。

7.3 使用说明书

在使用说明书中应声明:

- 倚靠式梯子靠近顶部的四级踏棍/踏板或者梯子顶端的最后 1 m 不准许攀爬。
 - 在使用所有延伸的踏棍/踏板梯段之前,锁定机构应锁定。
 - 交付使用之前应目视检查,以确定所有部件的运行条件。
 - 在使用梯子之前应检查所有锁定机构是否正确工作。如果锁定机构未正确工作,不能使用梯子。
 - 在使用者将梯子由延伸状态变为收合状态时,手应放置的安全位置。
- 使用说明书的其他要求,见 GB/T 17889.3—2012。

附录 A
(规范性附录)
试验顺序

试验模组可按照序列顺序或平行顺序进行,试验顺序见表 A.1。一个试验模组的试验应在同一梯子上完成。

表 A.1 试验顺序

试验模组	试验类型	倚靠式梯子	自立式梯子
预置试验 ^a	6.2 倾倒试验	X ^b	X
A1	6.18 开合循环试验	X	X
A2	6.5 梯框侧向挠度试验	X	X
A3	6.4 梯框弯曲试验	X	X
A4	6.3 梯框强度试验	X	X
A5	6.14 梯子长度方向扭转试验	X	X
B1	6.8 踏棍/踏板扭转试验	X	X
B2	6.7.2 踏棍/踏板——锁定位置	X	X
B3	6.7.3 平台	— ^c	X
B4	6.7.4 踏棍/踏板——解锁位置	X	X
B5	6.9 踏棍/踏板拉拔试验	X	X
C1	6.12.1 锁定机构循环试验	X	X
C2	6.12.2 锁定机构静压试验	X	X
D1	6.17 自立式梯子耐久性试验	— ^c	X
D2	6.10 自立式梯子张开限制和铰链试验	— ^c	X
D3	6.11 倚靠式梯子底部滑移试验	X	— ^c
E	6.13 梯脚拉拔试验	X	X
F	6.6 梯框底端试验	X	X
G	6.12.3 铰链接头循环试验	— ^d	— ^d
^a 仅对试验模组 A 进行预置试验。 ^b 需要做的测试项目。 ^c 不适用。 ^d 如果适用。			

如果进行局部试验/平行试验,则应从每个试验模组的第 1 项试验开始。铰链接头循环试验(见 6.12.3)可以在单独的梯子上进行。

GB/T 17889.5—2019

参 考 文 献

- [1] GB/T 2035—2008 塑料术语及其定义
 - [2] GB/T 17889.6 梯子 第6部分:可移动式平台梯
 - [3] EN 581-1 Outdoor furniture—Seating and tables for camping, domestic and contract use—Part 1: General safety requirements
 - [4] EN 10088-2 Stainless steels—Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes
 - [5] EN 14183 Step stools
 - [6] EN 61478 Live working—Ladders of insulating material
-

GB/T 17889.5—2019



GB/T 17889.5-2019

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-63300

截止阀 3,将空气充入被测等温气罐 4。充气完成后,应有足够的时间使气罐内温度和压力达到稳定状态。

B.3.2 关闭截止阀 3 和 11。采用气压计 12 测量大气压 p_a ,采用基准气罐 8 内的压力传感器 10 和温度测量仪 9 分别测量其初始压力 p_{s1} 和初始温度 T_{s1} ,采用被测等温气罐 4 内的压力传感器 6 和温度测量仪 5 分别测量其初始压力 p_{i1} 和初始温度 T_{i1} 。

B.3.3 打开截止阀 7,使被测等温气罐 4 向基准气罐 8 放气。放气完成后,应有足够的时间使气罐内温度和压力达到稳定状态。

B.3.4 采用压力传感器 6 和 10 与温度测量仪 5 和 9 分别测量被测等温气罐 4 和基准气罐 8 内的压力 p_{i2} 、 p_{s2} 和温度 T_{i2} 、 T_{s2} 。

B.3.5 打开截止阀 11,将被测等温气罐 4 和基准气罐 8 的气体排至大气。

B.4 计算气罐容积

采用根据状态方程得到的式(B.2)计算被测等温气罐 4 的容积 V_i 。

$$V_i = V_s \left(\frac{p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}}{p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2}} \right) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

- V_s ——基准气罐 8 的已知容积,单位为立方分米(dm³);
- p_{i1} ——被测等温气罐 4 的初始绝对压力,单位为千帕(kPa);
- p_{i2} ——打开截止阀 7 后,被测等温气罐 4 的压力和温度达到稳定状态后的绝对压力,单位为千帕(kPa);
- p_{s1} ——基准气罐 8 的初始绝对压力,单位为千帕(kPa);
- p_{s2} ——打开截止阀 7 后,基准气罐 8 的压力和温度达到稳定状态后的绝对压力,单位为千帕(kPa);
- T_{i1} ——被测等温气罐 4 的初始温度,单位为开尔文(K);
- T_{i2} ——打开截止阀 7 后,被测等温气罐 4 的压力和温度达到稳定状态后的温度,单位为开尔文(K);
- T_{s1} ——基准气罐 8 的初始温度,单位为开尔文(K);
- T_{s2} ——打开截止阀 7 后,基准气罐 8 内的压力和温度达到稳定状态后的温度,单位为开尔文(K)。

B.5 等温气罐容积测量不确定度的评价(GUM:B 型)

B.5.1 被测容积 V_i

关于被测量 V_i 和输入量的方程,见式(B.3)。

$$V_i = V_s (p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}) (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-1} \dots\dots\dots (B.3)$$

$$V_i = f(V_s, p_{s1}, p_{s2}, T_{s1}, T_{s2}, p_{i1}, p_{i2}, T_{i1}, T_{i2}) \dots\dots\dots (B.4)$$

B.5.2 输入量不确定度识别

根据式(B.3)和(B.4),输入量是:

- a) 基准气罐容积 V_s
 - 不确定度参照测量仪器准确度: $\pm \Delta V_s = \{ \pm 1\% \}$
- b) 基准气罐和等温气罐的滞止压力 p_s 、 p_i
 - 不确定度参照测量仪器准确度: $\pm \Delta p_s = \{ \pm 0.5\% \}$
 - 不确定度参照测量设备准确度: $\pm \Delta p_i = \{ \pm 0.5\% \}$
- c) 基准气罐和等温气罐内气体的滞止温度 T_s 、 T_i
 - 不确定度参照测量设备准确度: $\pm \Delta T_s = \{ \pm 1 \text{ K} \}$
 - 不确定度参照测量设备准确度: $\pm \Delta T_i = \{ \pm 1 \text{ K} \}$

GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

上述不确定度的范围包括了所有测量的不稳定性。如果未包含,在此不稳定性范围内的实际情况应加入上述 ΔT 上。这些输入量都是独立变量,可计算其灵敏度。

B.5.3 灵敏度系数

由模型函数 f 关于输入量的偏导数得到灵敏度系数。对于被测等温气罐容积函数,可分别通过式(B.5)~式(B.13)得到下列数据:

$$\frac{\partial f}{\partial V_s} = (p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}) (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-1} \dots\dots\dots (B.5)$$

$$\frac{\partial f}{\partial p_{s1}} = -\frac{V_s}{T_{s1}} (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-1} \dots\dots\dots (B.6)$$

$$\frac{\partial f}{\partial p_{s2}} = \frac{V_s}{T_{s2}} (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-1} \dots\dots\dots (B.7)$$

$$\frac{\partial f}{\partial T_{s1}} = V_s \frac{P_{s1}}{T_{s1}^2} (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-1} \dots\dots\dots (B.8)$$

$$\frac{\partial f}{\partial T_{s2}} = -V_s \frac{P_{s2}}{T_{s2}^2} (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-1} \dots\dots\dots (B.9)$$

$$\frac{\partial f}{\partial p_{i1}} = -\frac{V_s}{T_{i1}} (p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}) (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-2} \dots\dots\dots (B.10)$$

$$\frac{\partial f}{\partial p_{i2}} = \frac{V_s}{T_{i2}} (p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}) (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-2} \dots\dots\dots (B.11)$$

$$\frac{\partial f}{\partial T_{i1}} = V_s \frac{p_{i1}}{T_{i1}^2} (p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}) (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-2} \dots\dots\dots (B.12)$$

$$\frac{\partial f}{\partial T_{i2}} = -V_s \frac{p_{i2}}{T_{i2}^2} (p_{s2}/T_{s2} - p_{s1}/T_{s1}) (p_{i1}/T_{i1} - p_{i2}/T_{i2})^{-2} \dots\dots\dots (B.13)$$

B.5.4 绝对标准不确定度的表示

被测等温气罐 4 测量容积的绝对标准不确定度,由式(B.14)给出:

$$\begin{aligned} \Delta V_i = & \left| \Delta V_s \frac{\partial f}{\partial V_s} \right| + \left| \Delta p_{s1} \frac{\partial f}{\partial p_{s1}} \right| + \left| \Delta p_{s2} \frac{\partial f}{\partial p_{s2}} \right| + \left| \Delta T_{s1} \frac{\partial f}{\partial T_{s1}} \right| \\ & + \left| \Delta T_{s2} \frac{\partial f}{\partial T_{s2}} \right| + \left| \Delta p_{i1} \frac{\partial f}{\partial p_{i1}} \right| + \left| \Delta p_{i2} \frac{\partial f}{\partial p_{i2}} \right| + \left| \Delta T_{i1} \frac{\partial f}{\partial T_{i1}} \right| + \left| \Delta T_{i2} \frac{\partial f}{\partial T_{i2}} \right| \dots\dots (B.14) \end{aligned}$$

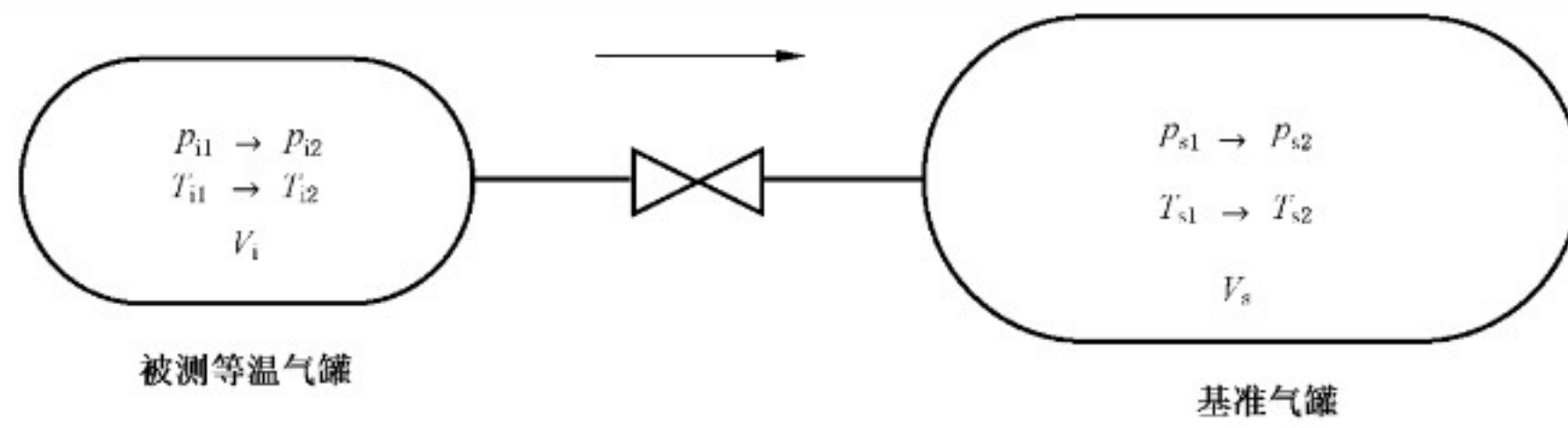
如需要相对标准不确定度或者百分比表示的标准不确定度,由式(B.15)给出:

$$\Delta V_i \% = 100 \Delta V_i / V_i \dots\dots\dots (B.15)$$

B.6 测试结果实例

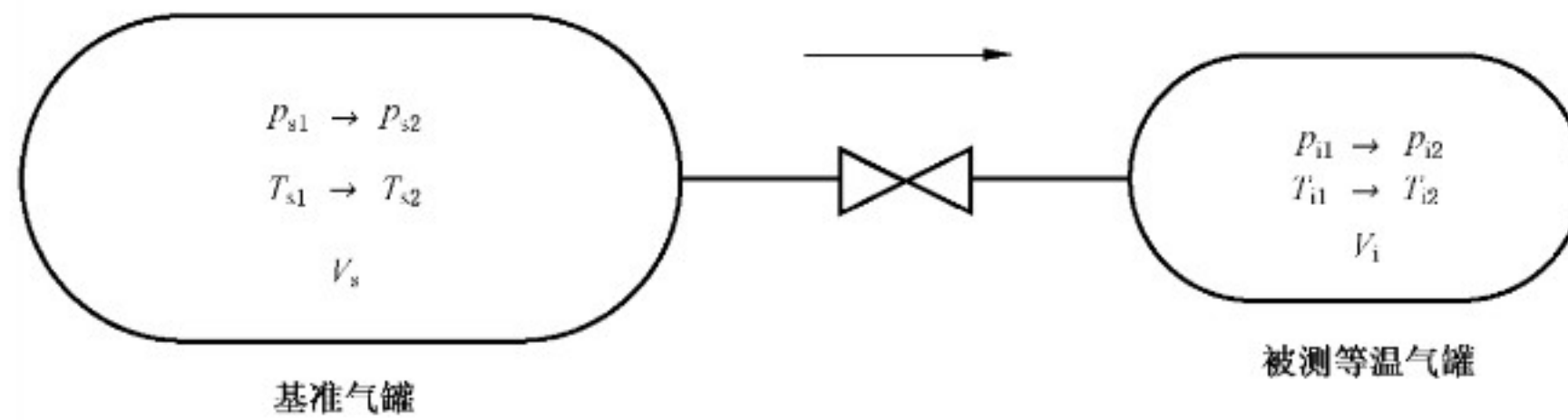
图 B.2 和图 B.3 所示为额定容积为 20 dm³ 的等温气罐的容积测试结果。不确定度计算实例如表 B.1 所示。

图 B.2 和图 B.3 表示从被测等温气罐向基准气罐放气和从基准气罐向被测等温气罐放气的测试结果,预先测量基准气罐的容积。在图 B.2 中,被测等温气罐内压力设置约为 790 kPa,在图 B.3 中的基准气罐内压力设置约为 655 kPa,分别测量初始压力 p_{i1} 和 p_{s1} ,初始温度 T_{i1} 和 T_{s1} 及大气压。在放气结束后保持 10 min,分别测量压力 p_{i2} 和 p_{s2} ,及温度 T_{i2} 和 T_{s2} ,采用式(B.1)计算被测等温气罐容积。



状态	被测结果		计算结果
	被测等温气罐	基准气罐	
初始条件	$p_{i1} = 789.88 \text{ kPa}$ $T_{i1} = 300.8 \text{ K}$	$p_{s1} = 100.90 \text{ kPa}$ $T_{s1} = 299.9 \text{ K}$	
放气之后	$p_{i2} = 220.32 \text{ kPa}$ $T_{i2} = 298.5 \text{ K}$	$p_{s2} = 220.37 \text{ kPa}$ $T_{s2} = 300.5 \text{ K}$	$V_i = 21.38 \text{ dm}^3$
注: $V_s = 101.67 \text{ dm}^3$; 大气压 = 100.836 kPa 。			

图 B.2 测试实例(从被测等温气罐向基准气罐放气)



状态	被测结果		计算结果
	被测等温气罐	基准气罐	
初始条件	$p_{i1} = 655.07 \text{ kPa}$ $T_{i1} = 301.2 \text{ K}$	$P_{s1} = 100.97 \text{ kPa}$ $T_{s1} = 299 \text{ K}$	
放气之后	$p_{i2} = 557.56 \text{ kPa}$ $T_{i2} = 300.4 \text{ K}$	$p_{s2} = 557.52 \text{ kPa}$ $T_{s2} = 300.8 \text{ K}$	$V_i = 21.38 \text{ dm}^3$
注: $V_s = 101.67 \text{ dm}^3$; 大气压 = 100.836 kPa 。			

图 B.3 测试实例(从基准气罐向被测等温气罐放气)

GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

表 B.1 不确定度的计算实例

输入量						容积测量不确定度评定		
被测值			准确度					
V_s	101.67	dm ³	$\pm \Delta V_s$	$\pm 0.1\%$	dm ³	$\partial f / \partial V_s$	0.210	
p_{s1}	100.90	kPa	$\pm \Delta p_s$	$\pm 1\%$	kPa	$\partial f / \partial p_{s1}$	-0.180	dm ³ /kPa
p_{s2}	220.37	kPa				$\partial f / \partial p_{s2}$	0.179	dm ³ /kPa
P_{i1}	789.88	kPa				$\partial f / \partial p_{i1}$	-0.038	dm ³ /kPa
P_{i2}	220.32	kPa				$\partial f / \partial p_{i2}$	0.038	dm ³ /kPa
T_{s1}	299.9	K	$\pm \Delta T_s$	$\pm 1\%$	K	$\partial f / \partial T_{s1}$	0.060	dm ³ /K
T_{s2}	300.5	K				$\partial f / \partial T_{s2}$	-0.131	dm ³ /K
T_{i1}	300.8	K				$\partial f / \partial T_{i1}$	0.099	dm ³ /K
T_{i2}	298.5	K				$\partial f / \partial T_{i2}$	-0.028	dm ³ /K
						ΔV_i	0.774	dm ³
						$\Delta V_i \%$	3.621%	

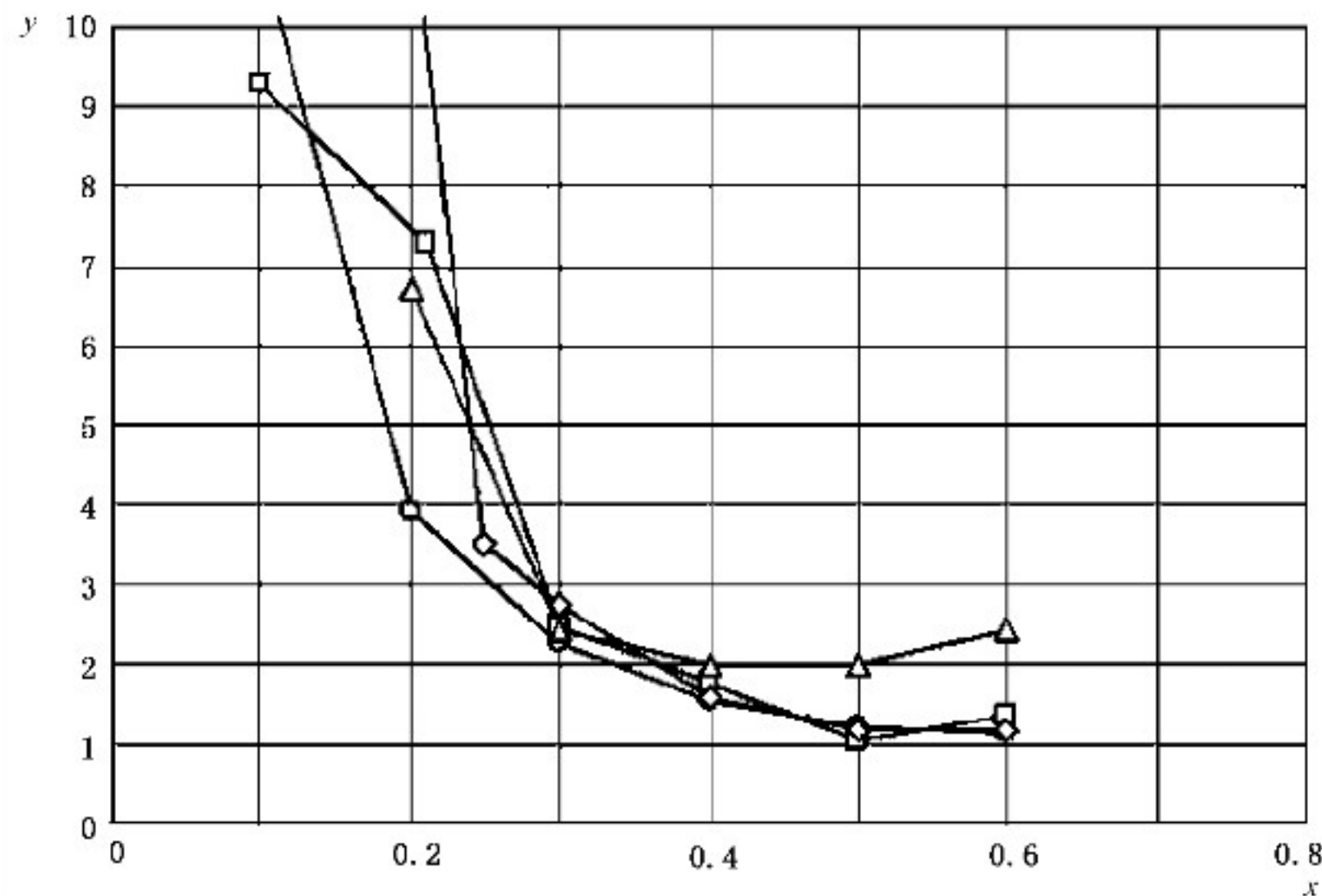
附 录 C
(资料性附录)
等温气罐填充

C.1 概述

在充气 and 放气的过程中,气罐内的温度变化可通过用大热容的材料填充容器来调节。这样可使测试条件保持恒定,而且声速流导可采用简单的公式进行计算。此外,这样还可减少气罐内温度的稳定时间,从而缩短测试时间。

C.2 填充密度和填充材料的等温性能

图 C.1 给出了通过分别改变填充材料的体积(铜丝直径为 $50\ \mu\text{m}$),使原始容积为 $10\ \text{dm}^3$ 、 $20\ \text{dm}^3$ 、 $50\ \text{dm}^3$ 和 $100\ \text{dm}^3$ 的气罐内温度下降的测试结果。图中显示了放气约 15 s 过程中,充气压力为 700 kPa 的各个气罐温度下降的情况,也就是压力的最大下降速率近 100 kPa/s。表 C.1 给出了容积为 $5\ \text{dm}^3$ 的气罐的测试结果,计算出铜丝和空气的热容值及热容比,仅供参考。为使温度下降保持在 3 K 以内,应使用填充密度为 $0.3\ \text{kg}/\text{dm}^3$ 或更高的填充材料。



说明:

x —— 填充质量 (kg/dm^3);

y —— 温度下降 (K);

□ —— 气罐容积 $10\ \text{dm}^3$;

○ —— 气罐容积 $20\ \text{dm}^3$;

△ —— 气罐容积 $50\ \text{dm}^3$;

◇ —— 气罐容积 $100\ \text{dm}^3$ 。

图 C.1 填充材料质量对于温降的影响

GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

表 C.1 铜丝作为填充材料时的温降

填充密度 kg/dm ³	填充体积百分比 %	铜丝热容 J/K	空气热容 (在 700 kPa 时) J/K	铜丝与空气 的热容比	温降 K
0.399	4.47	770.0	39.86	19.3	1.3
0.349	3.91	673.8	40.09	16.8	1.9
0.299	3.35	577.5	40.33	14.3	2.5
0.250	2.79	481.3	40.56	11.9	3.0
0.200	2.24	385.0	40.79	9.4	5.5
0.150	1.68	288.8	41.02	7.0	7.7
0.100	1.12	192.5	41.26	4.7	15.4
0.050	0.56	96.3	41.49	2.3	28.5
0.000	0.00	0.0	41.72	0.0	45.8

C.3 填充材料

C.3.1 表 C.2 给出了容积为 10 dm³ 的气罐内分别填充 4 kg 铜丝和不锈钢丝时的温度下降的测试结果,铜丝和不锈钢丝的直径为 30 μm 和 50 μm 两组,填充密度为 0.4 kg/dm³。在如前所述的相同条件下进行测试。

表 C.2 金属丝作为填充材料的温降

材料	直径	
	30 μm	50 μm
铜	1.5 K	1.8 K
不锈钢	—	1.1 K

C.3.2 表 C.3 给出了容积为 5 dm³ 的气罐内填入直径为 20 μm~50 μm 的聚酯纤维时的温度下降的测试结果。当填充材料的填充密度为 0.04 kg/dm³ 以上时,气罐内温降为 3 K 以下。

表 C.3 聚酯纤维作为填充材料的温降

填充密度 kg/dm ³	填充体积 百分比 %	聚酯纤维热容 J/K	空气热容 (在 700 kPa 时) J/K	聚酯纤维与空 气的热容比	温降 K
0.08	5.8	537.6	39.31	13.7	1.5
0.04	2.9	268.8	40.52	6.6	2.3
0.02	1.5	134.4	41.12	3.3	6.2
0.00	0.0	0.0	41.72	0.0	45.8

C.3.3 由诸如多孔玻璃或陶瓷等材料制成的小球团也可用作填充材料。

附录 D
(资料性附录)
确定等温性能的测试方法

D.1 目的

本测试的目的是确定等温气罐及其填充材料是否保持气体温度变化在 3 K 以内。

D.2 测试回路

应采用图 1 中所示的测试回路。此外,应安装一个能够设置电磁阀打开时间和关闭时间的定时器。

注:被测元件的声速流导和气罐的容积根据 5.4.3 中式(1)确定。

D.3 测试程序

D.3.1 用减压阀 2 将初始压力设置为 700 kPa(绝对压力),并且使气罐保持这种状态直至气罐内温度和压力达到稳定状态。

D.3.2 关闭截止阀 3,采用压力传感器 16 测量初始压力 p_{i1} ,采用气罐 4 内的温度测量仪 5 测量其初始温度 T_{i1} 。

D.3.3 使用电气控制装置打开电磁阀 13,持续 0.5 s。采用压力传感器 16 检测气罐 4 放气过程中和回至稳定状态的压力变化,并使用数据记录仪 15 记录其数据,见图 D.1。

D.3.4 放气结束后,允许有足够的时间使气罐 4 内的压力达到稳态水平。然后,记录气罐内稳定压力 p_{i3} 和关闭电磁阀 13 时的压力 p_{i2} 。

D.3.5 采用基于查理定律的式(D.1)计算在电磁阀关闭时气罐内的平均温度 T_{i2} :

$$T_{i2} = T_{i1} \frac{p_{i2}}{p_{i3}} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

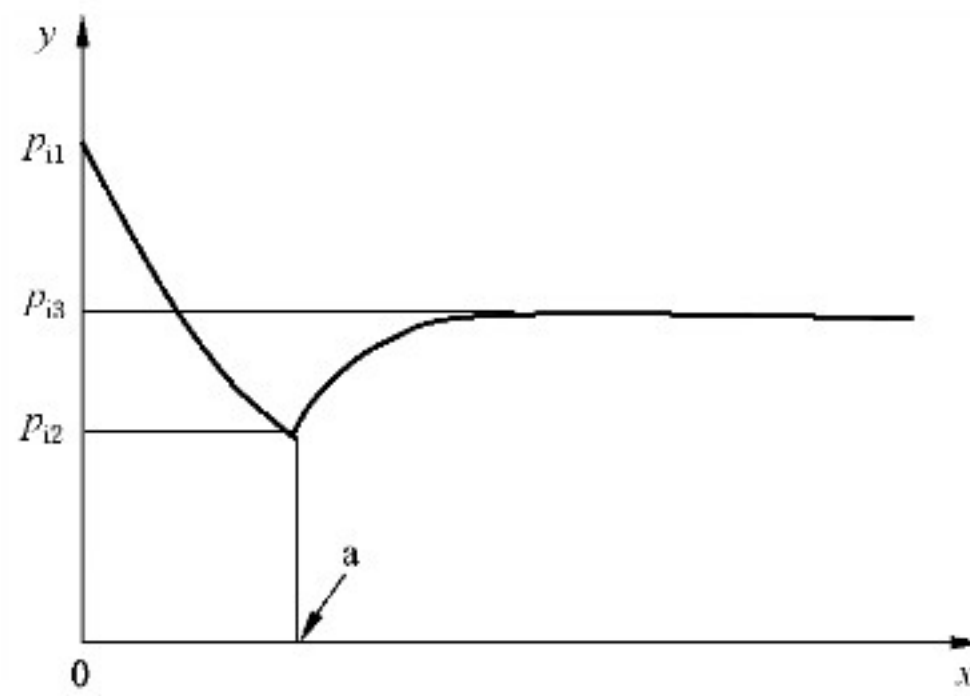
T_{i1} ——初始温度,单位为开尔文(K);

p_{i2} ——电磁阀关闭时的压力,单位为千帕(kPa);

p_{i3} ——稳定压力,单位为千帕(kPa)。

D.3.6 如 D.3.3 中所述将电磁阀的打开时间依次增加 0.5 s(即分别至 0.5 s,1 s,1.5 s……),重复 D.3.1~D.3.5,直至气罐内压力完全释放。

GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013



说明:

x —— 时间;

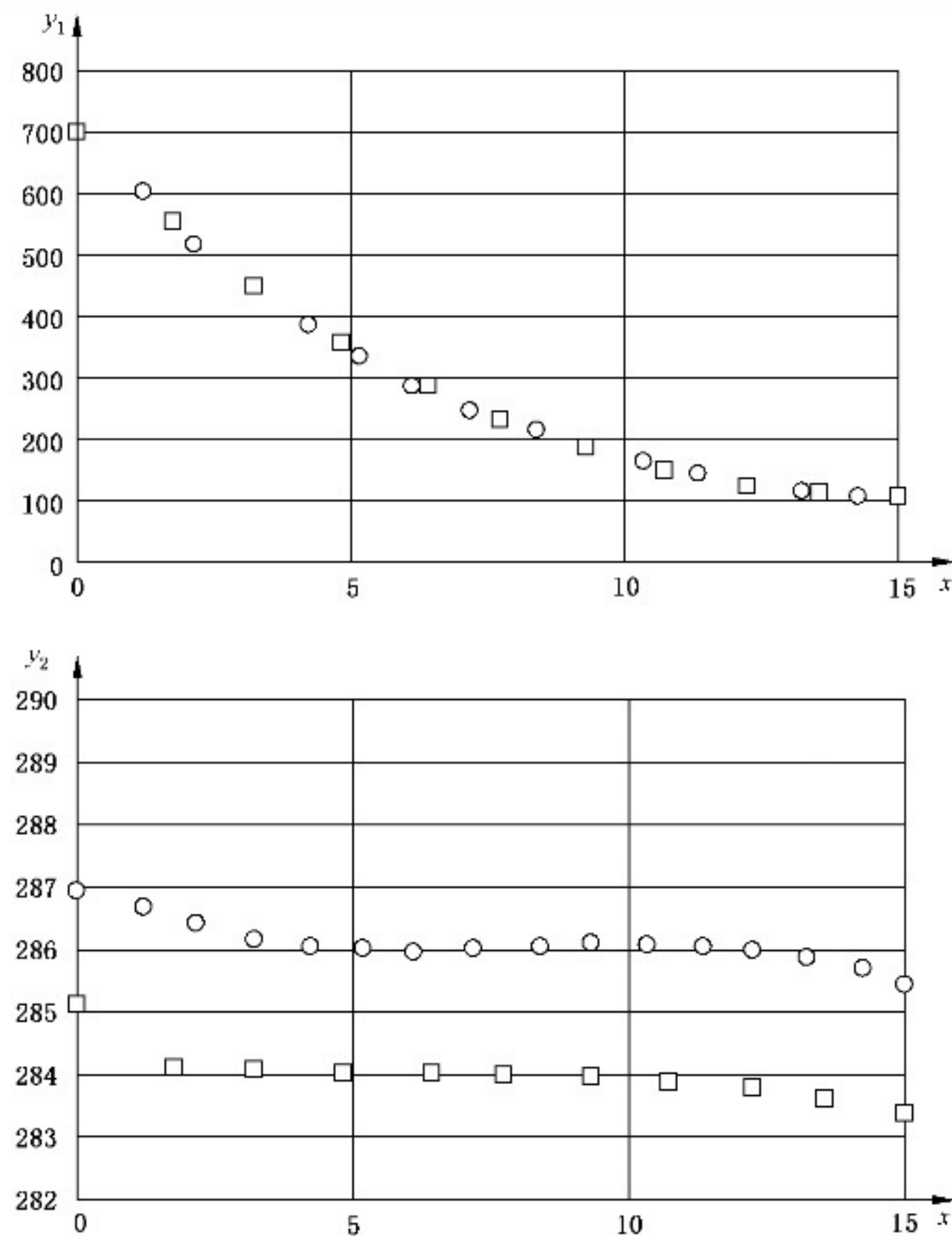
y —— 压力;

a —— 电磁阀关闭的时间。

图 D.1 停止放气时的压力响应

D.4 等温性能的确

绘制从 D.3.5 中获得的气罐内的平均温度图。图 D.2 给出了表 C.2 中所举的例子。温降在 3 K 以内,则流导 C_c 的最大偏差为 0.5%。因此,如果温降在 3 K 以内,可将气罐视为等温容器。



说明:

x —— 时间(s);

y_1 —— 压力(kPa);

y_2 —— 温度(K);

○ —— 填充材料直径为 $30 \mu\text{m}$;

□ —— 填充材料直径为 $50 \mu\text{m}$ 。

图 D.2 填充材料直径对等温性能的影响

附录 E
(资料性附录)
流量特性的计算方程

E.1 放气测试方程

E.1.1 计算模型

图 E.1 作为图 1 中测试回路的模型。放气过程中的压力响应见图 4。因其与气罐容积相比要小得多,上游压力测量管的容积可忽略。因为在放气过程中等温气罐内的温度几乎不变,空气状态的变化可认为是等温的。根据状态方程,采用式(E.1)计算通过被测元件的质量流量 q_m :

$$q_m = -\frac{V}{RT_3} \frac{dp_3}{dt} \dots\dots\dots (E.1)$$

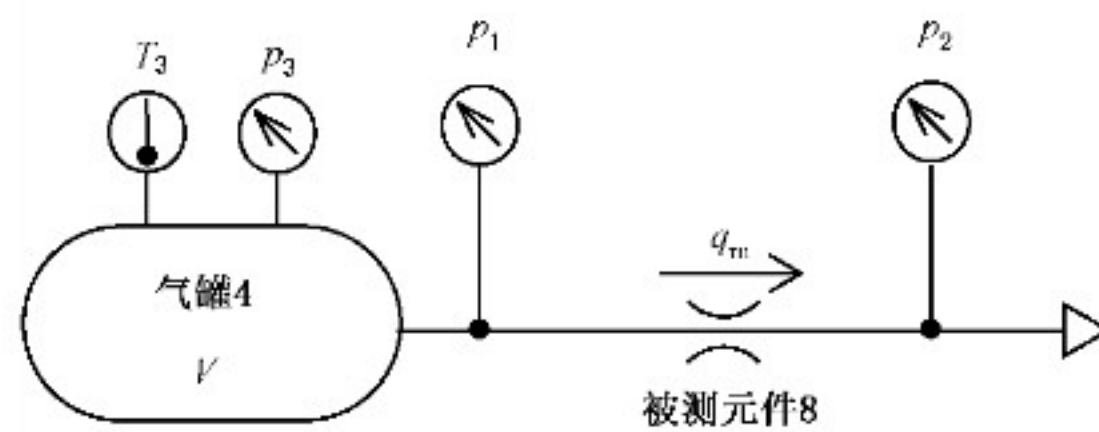


图 E.1 放气测试回路模型

E.1.2 计算质量流量 q_m

在整个放气过程中,被测元件的质量流量 q_m 可由式(E.2)来表示:

$$q_m = C_e \rho_0 p_1 \sqrt{\frac{T_0}{T_3}} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

C_e ——被测元件的流导。

由式(E.1)和式(E.2)可得流导 C_e :

$$C_e = -\frac{V}{p_1 R \rho_0 \sqrt{T_0 T_3}} \frac{dp_3}{dt} \dots\dots\dots (E.3)$$

用中心差分法对式(E.3)进行离散化,得到了在 6.3.1.2 中用于计算放气试验流导 C_e 的式(5)。由流导 C_e 的饱和区域计算声速流导 C ,见图 7。

E.1.3 计算临界背压比 b 和亚声速指数 m

由用于计算亚声速流区域内质量流量的式(E.4)和式(E.2)得到了用于计算亚声速流区域内流导比的式(E.5)。通过式(E.5)和最小二乘法,由非饱和区域内流导 C_e 和声速流导 C 的比计算临界背压比 b 和亚声速流指数 m 。

$$q_m = C \rho_0 p_1 \sqrt{\frac{T_0}{T_3}} \left[1 - \left(\frac{p_2 - b}{p_1 - b} \right)^2 \right]^m \dots\dots\dots (E.4)$$

GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

$$\frac{C_c}{C} = \left[1 - \left(\frac{p_2 - b}{p_1 - b} \right)^2 \right]^m \dots\dots\dots (E.5)$$

E.2 充气测试方程

E.2.1 计算模型

图 E.2 作为图 2 中测试回路的模型。充气过程中的压力响应见图 5。因其与气罐容积相比要小得多,下游压力测量管的容积可忽略。因为在充气过程中等温气罐内的温度几乎不变,空气状态的变化可认为是等温的。根据状态方程,采用式(E.6)计算通过被测元件的质量流量 q_m :

$$q_m = \frac{V}{RT_3} \frac{dp_3}{dt} \dots\dots\dots (E.6)$$

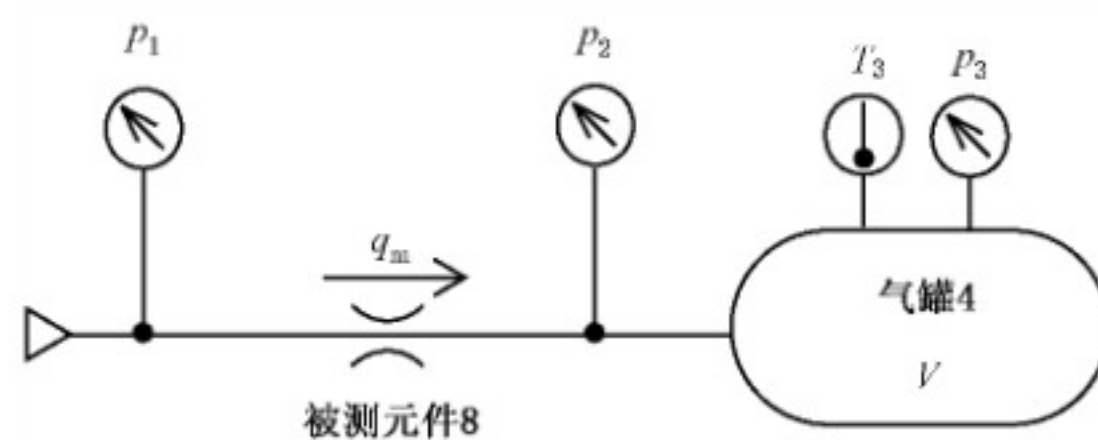


图 E.2 充气测试回路模型

E.2.2 计算质量流量 q_m

在整个充气过程中,被测元件的质量流量 q_m 可由式(E.7)来表示:

$$q_m = C_c \rho_0 p_1 \sqrt{\frac{T_0}{T_a}} \dots\dots\dots (E.7)$$

式中:

C_c —— 被测元件的流导;

T_a —— 大气温度。

考虑气罐内温度 T_3 与大气温度 T_a 相同。由式(E.6)和式(E.7)可得流导 C_c :

$$C_c = \frac{V}{p_1 R \rho_0 \sqrt{T_0 T_3}} \frac{dp_3}{dt} \dots\dots\dots (E.8)$$

用中心差分法对式(E.8)进行离散化,得到了在 6.3.1.2 中用于计算充气试验流导 C_c 的式(6)。由流导 C_c 的饱和区域计算声速流导 C ,见图 8。

E.2.3 计算临界背压比 b 和亚声速指数 m

由用于计算亚声速流区域内质量流量的式(E.9)和式(E.7)得到了用于计算亚声速流区域内流导比的式(E.10)。通过式(E.10)和最小二乘法,由非饱和区域内流导 C_c 和声速流导 C 的比计算临界背压比 b 和亚声速流指数 m 。

$$q_m = C \rho_0 p_1 \sqrt{\frac{T_0}{T_a}} \left[1 - \left(\frac{p_2 - b}{p_1 - b} \right)^2 \right]^m \dots\dots\dots (E.9)$$

$$\frac{C_c}{C} = \left[1 - \left(\frac{p_2 - b}{p_1 - b} \right)^2 \right]^m \dots\dots\dots (E.10)$$

附录 F
(资料性附录)

采用 Microsoft Excel 中求解器函数通过最小二乘法计算临界背压比 b 和亚声速指数 m

F.1 采用亚声速流区域内的数据

采用式(F.1)、背压比 $x_i = p_2/p_1$ 和流导比 $y_i = C_e/C$ 通过最小二乘法计算临界背压比 b 和亚声速指数 m 。在亚声速流区域内测量 N 个点,如表 F.1 所示。

表 F.1 在亚声速流区域内的背压比和流导比

测得值	
p_2/p_1	C_e/C
x_1	y_1
x_2	y_2
\vdots	\vdots
x_N	y_N

$$\frac{C_e}{C} = \left[1 - \left(\frac{x_i - b}{1 - b} \right)^2 \right]^m \dots\dots\dots (F.1)$$

为确定 b 和 m ,使得流导比 C_e/C 或 $[1 - \{(x_i - b)/(1 - b)\}^2]^m$ 之间的差 δ_i [见式(F.2)]的平方和 E [见式(F.3)]取得最小值,将测量得到的式(F.1)中的压力比 x_i 和流导比 y_i 代入方程进行计算。在 F.2 中给出了一个计算实例。

$$\delta_i = y_i - \left[1 - \left(\frac{x_i - b}{1 - b} \right)^2 \right]^m \dots\dots\dots (F.2)$$

$$E = \sum_{i=1}^N \delta_i^2 = \left\{ y_1 - \left[1 - \left(\frac{x_1 - b}{1 - b} \right)^2 \right]^m \right\}^2 + \left\{ y_2 - \left[1 - \left(\frac{x_2 - b}{1 - b} \right)^2 \right]^m \right\}^2 + \dots + \left\{ y_N - \left[1 - \left(\frac{x_N - b}{1 - b} \right)^2 \right]^m \right\}^2 \dots\dots\dots (F.3)$$

F.2 采用 Microsoft Excel 中内置的规划求解器函数

F.2.1 函数

求解器是内置于 Microsoft Excel 软件中可用函数。采用假设的值作为计算变量的初始值,然后通过求解器函数改变基本方程中的这些初始值,最后得到基本方程输入数据的最佳拟合值。

F.2.2 计算临界背压比 b 和亚声速指数 m

F.2.2.1 从表 F.1 中的 C4 和 D4 单元格开始分别对应输入压力比 p_2/p_1 和流导比 C_e/C 的值,直至数据输入结束(见图 F.1)。从单元格 E4 开始直至数据结束输入式(F.2)用于计算流导比的测量值与计算

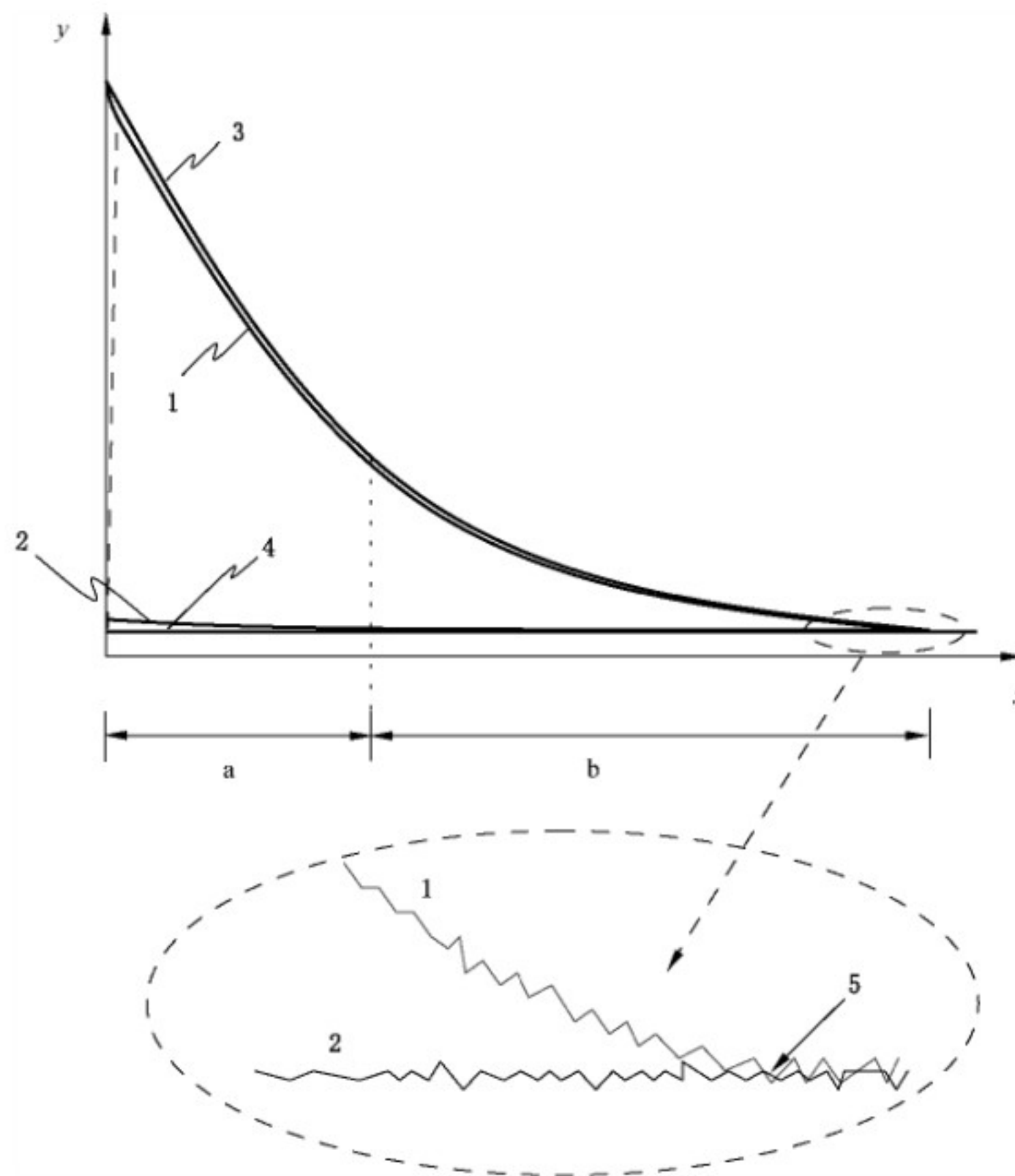
GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

值之间的差值。从单元格 F4 开始直至数据结束输入 E 栏值的平方用于计算流导比差值的平方。在目标单元格 G4 内输入式(F.3)的方程用于计算流导比差值的平方和。当目标单元格 G4 内的值取得最小值时,可解得 b 值(在单元格 A4 内)和 m 值(在单元格 B4 内)。在单元格 A4 和单元格 B4 内分别输入 0.5,作为 b 和 m 的初始值。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Calculation of b and m by Solver											
2												
3	b	m	$x_i = p_i/p_1$	$y_i = C_i/C$	δ_i	δ_i^2	$E = \sum_{i=1}^N \delta_i^2$					
4	0.500	0.500	0.502	0.995	-0.005	0.000 02	0.260 25					
5			0.503	0.993	-0.007	0.000 05						
6			0.506	0.991	-0.009	0.000 08						
7			0.506	0.990	-0.010	0.000 10						
8			0.508	0.988	-0.012	0.000 15						
9			0.508	0.985	-0.015	0.000 23						
10			0.509	0.981	-0.019	0.000 35						
11			0.511	0.982	-0.018	0.000 31						
12			0.512	0.978	-0.022	0.000 47						
13			0.513	0.976	-0.023	0.000 54						
404			0.999	0.067	-0.009	0.000 07						
405			0.998	0.062	-0.029	0.000 81						
406			0.997	0.055	-0.058	0.003 42						
407			0.999	0.052	-0.023	0.000 53						
408			0.994	0.050	-0.100	0.009 97						
409			0.997	0.052	-0.051	0.002 58						
410			0.997	0.048	-0.066	0.004 32						
411												

图 F.1 输入数据

由于存在压力传感器误差和信号噪声,在接近大气压区域内测得的压力数据可能导致背压比大于 1,见图 F.2。压力比大于 1 的数据可忽略。



说明：

- x —— 时间；
- y —— 压力；
- 1 —— 上游压力；
- 2 —— 下游压力；
- 3 —— 气罐内压力；
- 4 —— 大气压；
- 5 —— 相交；
- a —— 壅塞流区域；
- b —— 亚声速流区域。

图 F.2 在接近大气压状态下,上下游压力相交叉的可能性示意图

F.2.2.2 运行求解器(见图 F.3),包括以下内容:

- a) 到“数据”选择“规划求解”。如果“数据”菜单没有显示“规划求解”命令,点“帮助”在 Excel 中安装求解器;
- b) 然后,在“规划求解参数”菜单中指定目标单元格 G4、目标值(最小值)和变量单元格(A4 和 B4)并且点击“求解”,见图 F.3。

GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

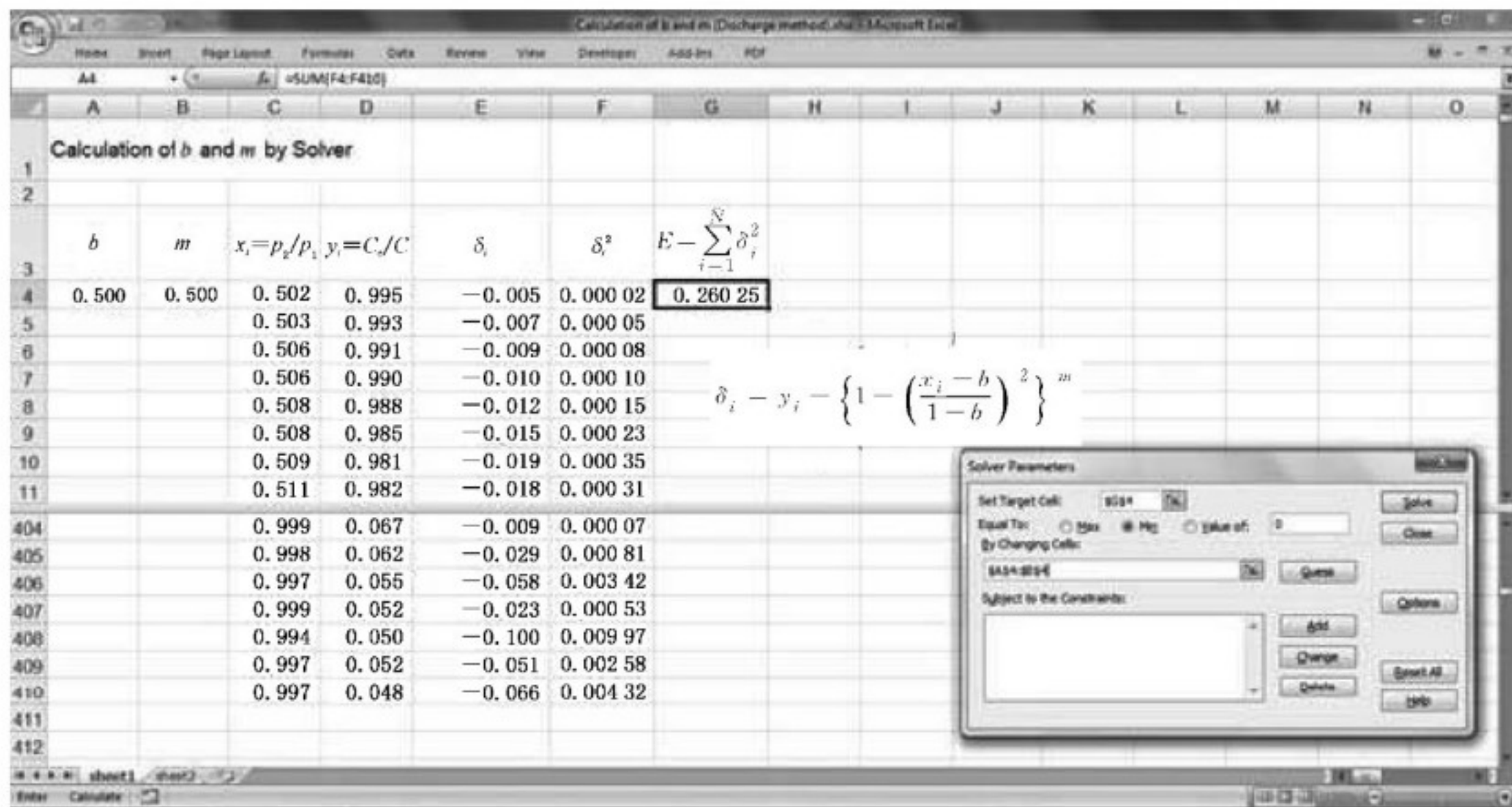


图 F.3 运行求解器

F.2.2.3 单元格 A4 和 B4 内的值是变化的(见图 F.4),最后求得 b 值和 m 值。

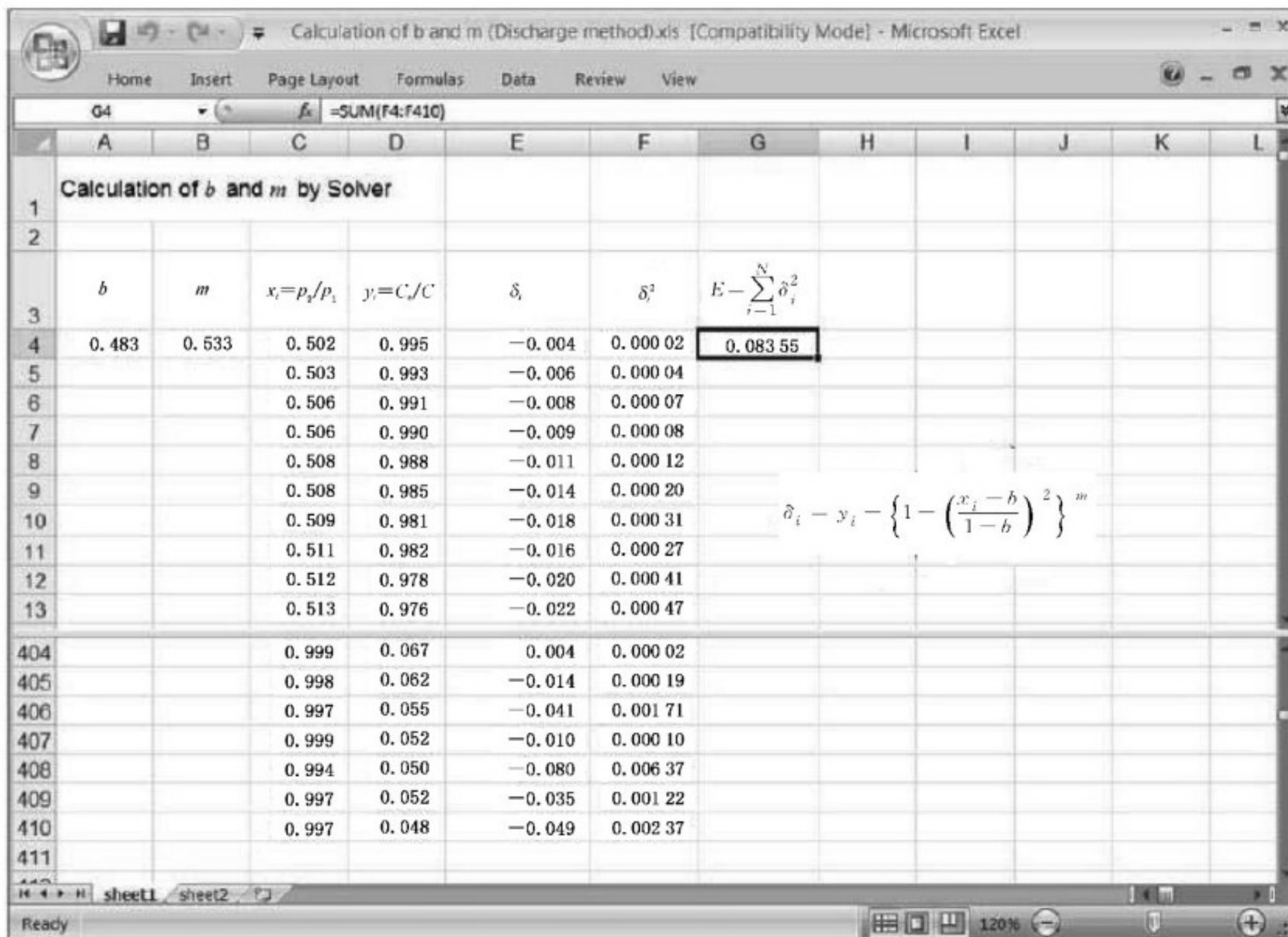


图 F.4 计算 b 和 m

参 考 文 献

- [1] ISO 5725-2 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
 - [2] ISO 21748 Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
气动 使用可压缩流体元件的流量
特性测定 第2部分:可代替的测试方法
GB/T 14513.2—2019/ISO 6358-2:2013

*

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

2019年10月第一版

*

书号:155066·1-63743

版权专有 侵权必究



GB/T 14513.2-2019