

**石油和化工计量技术规范**

JJF（石化）0XX-20XX

橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机校准规范

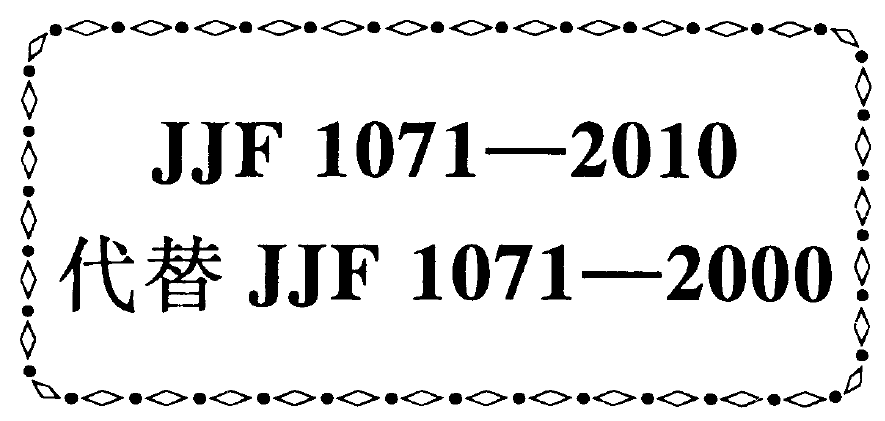
Calibration Specification for Rubber or Plastics Hoses and Hose Assemblies—Hydraulic-Pressure Impulse Testing Machine Without Flexing

（报批稿）

20xx-xx-xx发布 20xx-xx-xx实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

橡胶或塑料软管及软管



JJF（石化）0XX—20XX

组合件用无曲挠脉冲试

验机校准规范

Calibration Specification for Rubber or

Plastics Hoses and Hose Assemblies

—Hydraulic-Pressure Impulse Testing

Machine Without Flexing

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

归 口 单 位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：青岛中化新材料实验室

青岛北橡计量检测技术有限公司

参加起草单位：青岛中化新材料实验室检测技术有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

吴 康（青岛中化新材料实验室）

盛晓磊（青岛北橡计量检测技术有限公司）

李欢欢（青岛中化新材料实验室）

参加起草人：

陈红卫（青岛中化新材料实验室检测技术有限公司）

纪禄文（青岛中化新材料实验室检测技术有限公司）

周 正（青岛中化新材料实验室检测技术有限公司）

**目录**

引言 （Ⅱ）

1 范围 （1）

2 引用文件 （1）

3 术语和定义 （1）

3.1 脉冲 （1）

3.2 脉冲试验 （1）

3.3 软管组合件 （1）

4 概述 （1）

5 计量特性 （3）

6 校准条件 （3）

6.1 环境条件 （3）

6.2 测量标准及其他设备 （3）

7 校准项目和校准方法 （3）

7.1 校准项目 （3）

7.2 校准方法 （3）

8 校准结果 （6）

8.1 校准记录 （6）

8.2 校准证书 （7）

8.3 不确定度 （7）

9 复校时间间隔 （7）

附录A 橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠液压脉冲试验机校准记录格式 （7）

附录B 橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠液压脉冲试验机校准证书内页格式 （8）

附录C 液压流体温度示值误差测量结果不确定度评定示例 （9）

附录D 压力示值误差测量结果不确定度评定示例 （14）

附录E 脉冲压力频率测量结果不确定度评定示例 （18）

Ⅰ

## 

## 引 言

本规范依据JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范进行编制。

本规范主要参考GB/T 5568-2013《橡胶或塑料软管及软管组合件 无曲挠液压脉冲试验》、GB/T 3683-2011《橡胶软管及软管组合件 油基或水基流体适用的钢丝编织增强液压型 规范》、GB/T 10544-2013《橡胶软管及软管组合件 油机或水基流体适用的钢丝缠绕增强外覆橡胶液压型规范》、GB/T 18947-2003《矿用钢丝增强液压软管及软管组合件》、GB/T 7939-2008《液压软管总成试验方法》等制定而成。

本规范为首次发布。

Ⅱ

橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机

校准规范

# 范围

本规范适用于符合GB/T 5568试验方法要求的橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠液压脉冲试验机的校准（仅适用于油基，水基无曲挠液压脉冲试验机的校准）。

# 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T 5568 橡胶或塑料软管及软管组合件 无曲挠液压脉冲试验

GB/T 7528-2019/ISO 8330：2014橡胶和塑料软管及软管组合件 术语

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

# 术语和定义

以下术语和定义适用于本规范。

3.1 脉冲 impulse

短持续期的压力，具有产生突发应力及可循环的特征。

[GB/T 7528-2019/ISO 8330：2014,定义2.1.64]

3.2 脉冲试验 impulse test

脉冲压力试验，通常适用于液压软管。

[GB/T 7528-2019/ISO 8330：2014,定义2.1.65]

3.3 软管组合件 hose assembly

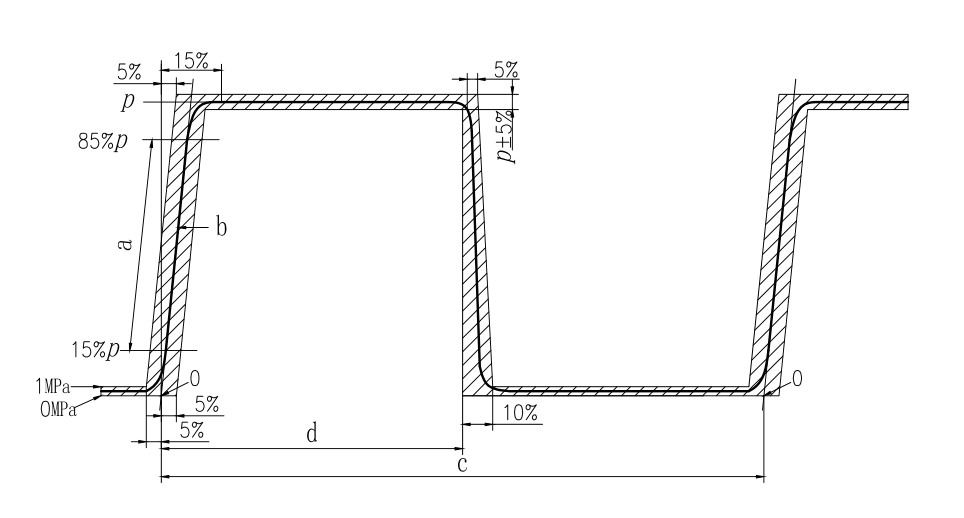
一端或两端装配接头或软管接头的一根软管。

[GB/T 7528-2019/ISO 8330：2014,定义2.2.17]

# 概述

橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠液压脉冲试验机（以下简称脉冲试验机），是用于评价高压（钢丝缠绕增强或钢丝编织增强）橡胶或塑料软管及软管组合件耐脉冲压力性能的试验设备。

液压脉冲试验原理是：使符合试验温度要求的液压流体循环通过试样，并以（1±0.25）Hz的频率对试样施加内脉冲压力，脉冲压力的每一压力周期中高压和低压公差及升压速率都应符合规定要求，（以高压波形图为例,见图1）。样品在规定的试验温度和压力下，达到规定的脉冲压力次数不破损或破损前所承受的最多脉冲压力次数，作为该样品的耐脉冲压力性能。

图1 脉冲压力波形图（高压）

*P*—试验压力

a—于该两点间测定的升压速度；

b—升压正割线；

c—一个脉冲周期；

d—45%～55%周期。

脉冲试验机主要由液压系统（[液压泵](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=1782295&ss_c=ssc.citiao.link)、[液压阀](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=513345&ss_c=ssc.citiao.link)、增压缸、测压装置等 ）、温度控制系统（加热、冷却、测温装置）、脉冲信号采集系统、安全保护等组成，可自动完成压力和温度的调节和控制，其结构原理如图2所示。

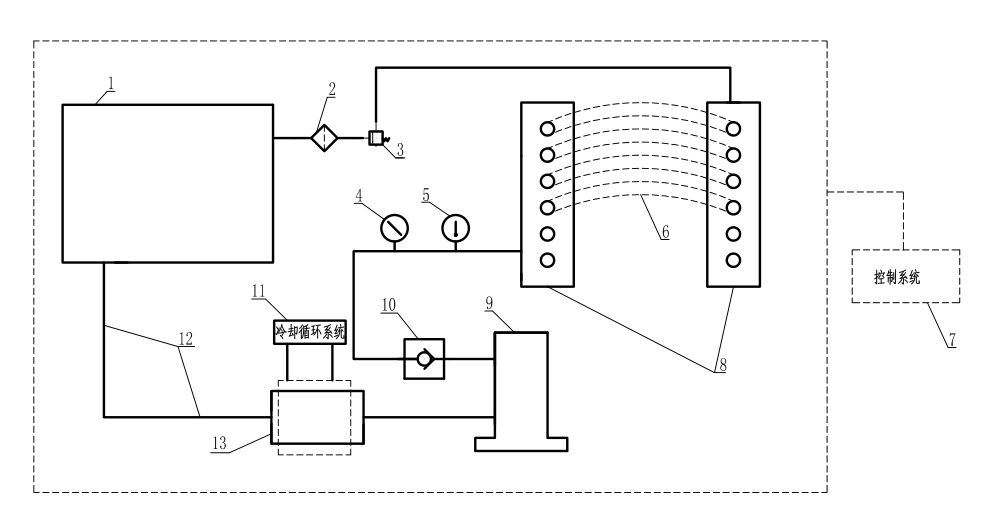


图2 脉冲试验机结构原理图

1—主油箱；2—过滤网；3—卸荷阀；4-测压传感器；5—测温传感器；6—待测试样；7—控制系统；8—试样安装平台；9—增压系统；10—单向阀；11—冷却循环系统；

12—管路；13—加热油箱

# 5 计量特性

具体计量特性见表1。

表1 脉冲试验机计量特性一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 技术要求 |
| 1 | 液压流体温度示值误差/℃ | ≤150 | MPE：±3 |
| ＞150 | MPE：±5 |
| 2 | 压力示值误差/MPa | | MPE：±5% |
| 3 | 脉冲压力频率/Hz | | MPE：±0.25 |
| 注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。  —压力设定值 | | | |

# 

# 6 校准条件

# 6.1 环境条件

6.1.1 温度条件

环境温度：（18～32）℃。

6.1.2 湿度条件

相对湿度：不大于85%。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准见表2。也可用满足准确度要求的其他测量设备。

表2 校准项目和测量标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 测量标准名称及技术要求 |
| 1 | 液压流体温度示值误差/℃ | 标准测温仪：测量范围（0～200）℃，±0.5℃；  恒温槽：测量范围（室温～200）℃，均匀度0.5℃ |
| 2 | 压力示值误差/MPa | 高精度测压模块：测量范围（0～80）MPa，0.5级；便携式压力源（0～80）MPa |
| 3 | 脉冲压力频率/Hz | 电子秒表:测量范围（0～360）s，分辨力0.02s |

# 7 校准项目和校准方法

# 

# 7.1 校准项目

脉冲试验机的校准项目见表2。

# 7.2 校准方法

## 7.2.1 校准前检查

7.2.1.1 仪器和设备

高精度测压模块，精度等级0.5级。通过检定或校准满足规定的要求。

7.2.1.2外观检查

目测检查脉冲试验机外观，应维护良好，工作面无锈蚀，能运转正常；

7.2.1.3 脉冲压力波形检查

脉冲试验机上安装橡胶软管，并将高精度测压模块压力传感器连接到原设备上安装压力传感器的位置上，设定液体温度，当达到测量条件时，测量压力脉冲的波形，根据记录的数据计算出升压速率，并进行分析，看压力值是否在波动范围内，满足要求时，则脉冲试验机的工作压力符合标准规定要求。

7.2.2 液压流体温度示值误差

将标准测温仪测温探头和脉冲试验机本身所带有的测温探头靠近放置在同一个热源（恒温槽）中，设定恒温槽的温度，加热达到设定的温度并稳定温度30min后，同时记录标准测温仪的温度值和脉冲试验机上液压流体测温装置所显示的温度值，按式（1）计算液压流体测温装置的温度示值误差，测量结果取3次测量值的平均值，保留到0.1℃。

校准温度点为：80℃、125℃、150℃、175℃四个点，也可根据客户要求。

（1）

式中：

—— 液压流体温度示值误差，℃；

—— 标准测温仪的温度示值，℃；

——脉冲试验机液压流体测温装置温度示值，℃。

## 7.2.3压力示值误差

将高精度测压模块和原设备上的压力传感器都安装在便携式压力源上，测量在同一个压力下，高精度测压模块的压力示值及脉冲试验机显示的压力值，按式（2）计算测压装置的示值误差，测量结果取3次测量值的平均值，保留到0.1MPa。

校准压力建议为40MPa、50 MPa、60 MPa三个点，也可根据用户要求。

（2）

式中：

## ——压力示值误差，MPa；

——高精度测压模块的压力示值，MPa；

——脉冲试验机压力显示值，MPa。

## 7.2.4 脉冲压力频率

脉冲试验机在运行状态下，测量60次脉冲压力周期所用的时间，按式（3）计算频率：

（3）

式中：

—— 频率，单位Hz；

—— 时间，单位s。

重复测量3次，测量结果取3次测量值的平均值，保留到0.01Hz。

# 8 校准结果

# 8.1 校准记录

校准记录应尽可能详尽记录测量数据和计算结果，推荐的校准记录格式见附录A。

# 8.2 校准证书

经校准的脉冲试验机应出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合JJF 1071—2010中5.12的要求，推荐的校准证书内页格式见附录B。

# 8.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录C、附录D、附录E。

# 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由脉冲试验机的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议，一般不超过一年。

附录A

橡胶软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机校准记录格式

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **基本信息** | | | | | |
| 委托单位 |  | 原始记录号 |  | 校准证书号 |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器名称 |  | 规格型号 |  | 设备编号 |  |
| 制造厂商 |  | 环境温度 | ℃ | 相对湿度 | % |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **校准前检查** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.试验带轮工作面无锈蚀 是□ 否□； | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.试验机运转正常 是□ 否□ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. 脉冲压力波形复合要求 是□ 否□ | | | | | | | | | | | | | | | |
| **校准结果** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 项目 | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 平均值 | 扩展不确定度 |
| 液压流体温度/℃ | / |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |
| 80 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |
| 125 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 150 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 175 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 压力/MPa | / |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  | 平均值 | 扩展不确定度 |
| 40 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |
| 50 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 60 |  |  | |  |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 脉冲压力频率/Hz | |  | |  | |  | |  | |  | |  | | 平均值 | 扩展不确定度 |
|  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |
| **标准器** | | | | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 编号 | 证书号 | 测量范围 | 有效期 | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | |  |  |
| 技术依据 | JJF（石化）0XX-20XX橡胶或塑料软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机校准规范 | | | | | |
| 校准地点 |  | | | 校准日期 年 月 日 | | |
| 备注 |  | | | | | |

校准员： 核验员：

附录B

橡胶软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机校准证书内页格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 证书编号 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准机构授权说明 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准的技术依据  JJF（石化）0XX-20XX橡胶软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机校准规范 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准环境条件及地点 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地点 |  | | | | | | | | | | | | | | |
| 温度 | ℃ | | | 相对湿度 | | | | % | | | 其他 | | | |  |
| 校准使用的计量（基）标准装置 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 名称 | | 测量范围 | | | | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | | | | 计量（基）标准证书编号 | | | 有效期至 | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | | |  | | |
| 橡胶软管及软管组合件用无曲挠脉冲试验机校准结果 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准项目 | | | 技术要求 | | | | 校准结果 | | | | | | | | |
| 示值 | | 标准值 | | | 示值误差 | | 扩展不确定度 | |
| 液压流体温度/℃ | | | ≤150 | | MPE：±3 | |  | |  | | |  | |  | |
| ＞150 | | MPE：±5 | |  | |  | | |  | |  | |
| 压力/MPa | | | MPE：±5% | | | |  | |  | | |  | |  | |
| 脉冲压力频率/Hz | | | MPE：±0.25 | | | |  | |  | | |  | |  | |
| 备注 | | | —压力设定值 | | | | | | | | | | | | |

# 附录C

液压流体温度示值误差校准结果不确定度评定示例

C.1. 校准方法

校准方法如本规范7.2.2。

C.2 建立测量模型

液压流体温度示值误差测量模型见式（C.1）：

 （C.1）

式中:

——液压流体温度示值误差，℃；

—— 标准测温仪的温度示值，℃；

—— 脉冲试验机液压流体测温装置温度示值，℃。

方差和灵敏系数：

由式（C.1）得方差传播公式：

 （C.2）

式中：

—— 液压流体温度示值误差的测量不确定度；

—— 标准测温仪引入的不确定度；

—— 脉冲试验机液压流体测温装置引入的不确定度。

因为；；

所以式（C.2）简化为：

 （C.3）

令；；；

则式（C.3）化为：

 （C.4）

式中：

—— 液压流体温度示值误差的测量不确定度；

—— 标准测温仪引入的不确定度分量；

—— 脉冲试验机液压流体测温装置引入的不确定度分量。

C.3 测量结果不确定度的评定

C.3.1 标准不确定度来源

测量结果不确定度来源是由标准测温仪引入的标准不确定度分量和脉冲试验机液压流体测温装置引入的标准不确定度分量组成。

C.3.2 由标准测温仪引入的标准不确定度分量（以100℃为例）

C.3.2.1 由标准测温仪最大允许误差引入的标准不确定度分量

标准测温仪给出的最大允许误差为±0.5℃,区间半宽=0.5℃，估计为均匀分布，，故：  
 ℃=0.28℃ （C.5）

C.3.2.2恒温槽均匀度引入的标准不确定度分量

恒温槽均匀度为±0.5℃,区间半宽=0.5℃，估计为均匀分布，，故:

℃=0.28℃ （C.6）

℃ （C.7）

C.3.3 脉冲试验机液压流体测温装置引入的标准不确定度分量

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

调整恒温槽温度为100℃，重复测量10次，记录脉冲试验机液压流体测温装置温度示值和标准测温仪上的温度示值，测量结果见表C.1。

表C.1 重复10次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第i次测量 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 脉冲试验机液压流体测温装置温度示值/ ℃ | 99.8 | 100.2 | 99.7 | 99.9 | 100.1 | 100.2 | 99.8 | 100.0 | 100.2 | 100.0 |
| 标准测温仪温度示值/ ℃ | 99.56 | 99.83 | 99.68 | 99.72 | 99.89 | 99.92 | 99.71 | 99.53 | 99.85 | 99.68 |
| 液压流体温度示值误差/ ℃ | 0.24 | 0.37 | 0.02 | 0.18 | 0.21 | 0.28 | 0.09 | 0.47 | 0.35 | 0.32 |

计算示值误差的算术平均值：

0.25℃ （C.8）

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 

= 0.13℃ （C.9）

式中：

—— 第次测量结果，℃；

—— 10次测量结果的平均值，℃；

 —— 测量次数。

实际测量以3次测量的平均值作为测量结果，故标准不确定度

=0.08℃ （C.10）

C.3.2.2 脉冲试验机液压流体测温装置分辨力引入的标准不确定度分量

脉冲试验机液压流体测温装置的分辨力为0.1℃,区间半宽=0.05℃，估计为均匀分布，，故:

℃=0.03℃ （C.11）

因重复性和分辨力引入的标准不确定度分量中取较大值，故：

0.08℃ （C.12）

C.3.4 标准不确定度分量表

标准不确定度分量见表C.2。

表C.2 标准不确定度分量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值/℃ |
|  | 标准测温仪引入的不确定度 | 0.40 |
|  | 脉冲试验机液压流体测温装置引入的不确定度 | 0.08 |

C.3.5 合成标准不确定度

各输入量之间相互独立，互不相关，因此:

℃=0.41℃ （C.13）

C.3.6 扩展不确定度

扩展不确定度，取包含因子，液压流体温度示值误差测量结果的扩展不确定度为：

 ==2×0.41℃=0.82℃ （C.14）

# 附录D

压力示值误差校准结果不确定度评定示例

D.1. 校准方法

校准方法如本规范7.2.3。

D.2 建立测量模型

压力示值误差测量模型见式（D.1）：

 （D.1）

式中:

—— 压力示值误差，MPa；

—— 高精度测压模块压力示值，MPa；

—— 脉冲试验机压力示值，MPa。

方差和灵敏系数：

由式（D.1）得方差传播公式：

 （D.2）

式中：

—— 压力示值误差的测量不确定度；

—— 高精度测压模块引入的不确定度；

—— 脉冲试验机测压装置引入的不确定度。

因为 ； ；

所以式（D.2）简化为：

 （D.3）

令；；；

则式（D.3）化为：

 （D.4）

式中：

—— 压力示值误差的测量不确定度；

—— 高精度测压模块引入的不确定度分量；

—— 脉冲试验机测压装置引入的不确定度分量。

D.3 测量结果不确定度的评定

D.3.1 标准不确定度来源

测量结果不确定度来源是由高精度测压模块引入的标准不确定度分量和脉冲试验机测压装置引入的标准不确定度分量组成。

D.3.2高精度测压模块引入的标准不确定度分量（以50MPa为例）

D.3.2.1 高精度测压模块最大允许误差引入的标准不确定度分量

高精度测压模块的精度等级为0.1级，,区间半宽=0.05MPa，估计为均匀分布，，故:

MPa=0.03MPa （D.5）

D.3.3 脉冲试验机测压装置引入的标准不确定度分量

D.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

将脉冲试验机测压装置和高精度测压模块同时接在便携压力源上，逐步加压到50MPa，作10次重复测量，记录脉冲试验机测压装置和高精度测压模块上的示值，测量结果见表D.1。

表D.1 测量结果 单位：MPa

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 第*i*次测量 | 脉冲试验机压力示值 | 高精度测压模块压力示值 | 示值误差/ |
| 1 | 50.6 | 50.00 | 0.60 |
| 2 | 50.1 | 50.01 | 0.09 |
| 3 | 50.3 | 50.02 | 0.28 |
| 4 | 50.9 | 50.01 | 0.89 |
| 5 | 49.8 | 50.00 | -0.20 |
| 6 | 49.9 | 50.02 | -0.12 |
| 7 | 49.8 | 50.01 | -0.21 |
| 8 | 50.8 | 50.02 | 0.78 |
| 9 | 50.1 | 50.01 | 0.09 |
| 10 | 50.2 | 50.00 | 0.20 |

计算示值误差的算术平均值：

0.24MPa （D.6）

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 ：

= 0.40MPa （D.7）

式中：

—— 第次测量结果，MPa；

—— 10次测量结果的平均值，MPa；

 —— 测量次数。

实际测量以3次测量的平均值作为测量结果，故标准不确定度：

=0.23MPa （D.8）

D.3.2.2 脉冲试验机测压装置分辨力引入的标准不确定度分量

脉冲试验机测压装置的分辨力为0.1 MPa,区间半宽为0.05 MPa，估计为均匀分布，，故:

 MPa=0.03MPa （D.9）

因重复性和分辨力引入的标准不确定度分量中取较大值，故：

0.23MPa （D.10）

D.3.4 标准不确定度分量

标准不确定度分量见表D.2。

表D.2 标准不确定度分量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值/ MPa |
|  | 高精度测压模块引入的不确定度 | 0.03 |
|  | 脉冲试验机测压装置引入的不确定度 | 0.23 |

D.3.5 合成标准不确定度

各输入量之间相互独立，互不相关，因此:

MPa=0.23MPa （D.11）

D.3.6 扩展不确定度

扩展不确定度，取包含因子，压力示值误差测量结果的扩展不确定度为：

== 2×0.23MPa=0.46MPa （D.12）

附录E

脉冲压力频率测量结果不确定度评定示例

E.1 校准方法

校准方法如本规范7.2.4。

E.2 建立测量模型

脉冲压力频率测量模型见式（E.1）：

 (E.1)

式中: ****——频率，Hz；

**** —— 时间，s。

方差和灵敏系数：

由式（E.1）得方差传播公式：

 （E.2）

式中：

—— 脉冲压力频率的测量不确定度；

 —— 秒表引入的不确定度。

因为

所以（E.2）式简化为：

 （E.3）

令；；

则式（E.3）化为：

 （E.4）

式中：

 —— 示脉冲压力频率的测量不确定度；

——由输入量引入的不确定度分量。

E.3 脉冲压力频率测量结果不确定度的评定

E.3.1 标准不确定度来源

脉冲压力频率测量结果不确定度来源是由测量重复性引入的标准不确定度分量和秒表引入的标准不确定度分量组成。

E.3.2. 由测量重复性引入的标准不确定度分量

用秒表测量脉冲次数60次时的时间，记录秒表显示值，记录如下表E.1。

表E.1 试验时间测量结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第*i*次测量 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 秒表显示时间/s | 59.44 | 58.76 | 59.38 | 59.10 | 58.63 |
| 第*i*次测量 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 秒表显示时间/s | 58.85 | 58.74 | 59.31 | 59.23 | 59.18 |

其算数平均值:

=59.06s （E.5）

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差:

=0.29s （E.6）

式中： —— 第次测量结果，s；

—— 10次测量结果的平均值，s；

—— 测量次数。

实际测量以3次测量的算术平均值作为测量结果，故标准不确定度:

 == 0.17s （E.7）

E.3.3 秒表引入的标准不确定度分量

E.3.3.1 秒表最大允许误差引入的标准不确定度分量

秒表的最大允许误差为±0.07s，区间半宽a=0.07s，估计为均匀分布，

故：

==s=0.04s （E.8）

E.3.3.2 秒表人为操作引入的标准不确定度分量

人为操作秒表造成的误差约为0.2s，区间半宽a=0.1s，估计为均匀分布，，故：

==s=0.06s （E.9）

秒表引入的标准不确定度分量：

s=0.07s （E.10）

E.3.4 标准不确定度分量表

标准不确定度分量见表E.2。

表E.2 标准不确定度分量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度值/s |
|  | 测量重复性引入的不确定度 | 0.17 |
|  | 秒表引入的不确定度 | 0.07 |

E.3.5 合成标准不确定度

各输入量之间相互独立，互不相关，因此：

s=0.18s （E.11）

Hz =0.003Hz （E.12）

E.3.6 扩展不确定度

扩展不确定度，取包含因子，频率示值误差测量结果的扩展不确定度为：

2×0.003Hz=0.006Hz≈0.01Hz （E.13）