



中华人民共和国国家标准

GB/T 28782.2—2012

液压传动测量技术 第2部分：密闭回路中平均稳态压力的测量

Hydraulic fluid power—Measurement techniques—Part 2: Measurement of average steady-state pressure in a closed conduit

(ISO 9110-2:1990, MOD)

2012-11-05 发布

2013-03-01 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 28782《液压传动测量技术》已经或计划发布以下部分：

——第1部分：通则；

——第2部分：密闭回路中平均稳态压力的测量。

本部分为 GB/T 28782 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 9110-2:1990《液压传动 测量技术 第2部分：密闭回路中平均稳态压力的测量》(英文版)。

本部分与 ISO 9110-2:1990 的技术性差异如下：

——在第2章“规范性引用文件”中，用修改采用国际标准的 JB/T 7033—2007 代替了 ISO 9110-1:1990；

——修正系数 δ_{p_1} 、 δ_{p_2} 的单位由 bar 改为 MPa，公式作相应调整；

——更正公式(7)，将公式中的 d^2 改为 d 。

本部分做了下列编辑性修改：

——增加公式编号；

——第9章公式(8)中，小写字母 a 、 b 、 c 、 d 改变为大写字母 A 、 B 、 C 、 D 。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国液压气动标准化技术委员会(SAC/TC 3)归口。

本部分负责起草单位：北京华德液压工业集团有限责任公司。

本部分参加起草单位：中船重工集团七〇七研究所九江分部、济南液压泵有限责任公司。

本部分主要起草人：康青、孙晓光、吕树平、魏兴乔、胡华兵、徐福刚、叶继英。

液压传动测量技术 第2部分：密闭回路中平均稳态压力的测量

1 范围

GB/T 28782 的本部分规定了液压传动回路中平均稳态压力的测量程序，并给出了计算给定压力测量中总不确定度的公式。

本部分适用于测量内径大于 3 mm，传递液压功率时，平均流速小于 25 m/s，平均稳态静压力小于 70 MPa 的密闭回路中平均稳态压力。

本部分不适用于嵌入式安装或者与密闭流体管壁连成一体传感器。

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。

JB/T 7033—2007 液压传动 测量技术通则(ISO 9110-1:1990,MOD)

3 术语与定义

JB/T 7033—2007 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不确定度半值 half-range uncertainty

不确定度数值的一半。例如，当随机不确定度为±R 时，则不确定度半值为 R。

3.2

脉冲阻尼器 pulsation damper

一种固定或可变节流装置，内置于压力测量仪表的管路中，以防止由于流体压力波动造成压力测量仪表机械损坏。

3.3

总不确定度 total uncertainty

在相同的条件下，对同一值进行大量测量时，其 95% 的测量值所在的范围。

3.4

工作仪表 working instrument

用参考标准仪器校准的测量仪表。

4 测量仪器读数不确定度的评定

4.1 总则

本章规定了由于观察者不能准确地读取被测参量指示值所致不确定度的确定程序。

4.2 模拟量测量仪器—读数不确定度 RE 的计算

4.2.1 装有指示器和减小视差装置的测量仪器的读数不确定度(RE)由式(1)计算:

$$RE = \frac{\text{最小刻度值}}{RF_1 \times RF_2 + 2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

RF_1 和 RF_2 由读出装置的特性决定,参照 4.2.1.1 和 4.2.1.2。

4.2.1.1 规定两刻度线的间距为 w ,单位为毫米(mm),精确到 10%以内,由式(2)计算 RF_1 :

$$\begin{aligned} &\text{当 } w \geq 0.5 \text{ mm}, RF_1 = 3(1 - \epsilon^{0.5-1.1w}) \dots\dots\dots(2) \\ &\text{当 } w < 0.5 \text{ mm}, RF_1 = 0 \end{aligned}$$

式中:

ϵ ——重复不确定度,按照 JB/T 7033—2007 中 5.5 的规定。

4.2.1.2 估算指针指示数据部分的指针宽度,近似到 0.25 mm。两刻度线的间距 w (见 4.2.1.1)与指针宽度的比值为 α 。由式(3)计算 RF_2 :

$$\begin{aligned} &\text{当 } \alpha \geq 1, RF_2 = 1 - \epsilon^{0.6(1-\alpha)} \dots\dots\dots(3) \\ &\text{当 } \alpha < 1, RF_2 = 0 \end{aligned}$$

4.3 数字式测量仪器—读数不确定度 RE 的计算

用下式计算读数不确定度系数:

$$RE = \text{最低有效位的最小变化值}$$

注: 在一些数字显示装置中最低有效位不显示十个离散整数,在这种情况下,最小整数变化值,因读数装置而异。

5 工作仪表的校准

5.1 工作仪表应按照 5.2~5.11 的规定进行校准。

5.2 选择一个按 JB/T 7033—2007 中 6.3 规定的校准周期进行了可溯源性校准的参考标准仪器,并且该仪器无任何物理损坏,除非在其证书中有特别说明。

5.3 参考标准仪器应按鉴定书指定或仪器制造商推荐的方式安装。

5.4 按制造商推荐的方式或测量时所希望的位置来安装工作仪表。

5.5 断开负载,检查工作仪表的零值点。

5.6 连接工作仪表和参考标准仪器。

5.7 对于完整校准,至少记录 5 次试验的参考值和工作仪器的显示值,并且每次试验要在有效量程内的至少 20 个等距点上,使用同一组参考值测试。

允许局部校准。局部校准时,可根据应用情况和使用环境决定校准点数,并尽可能多的采用与完整校准时相同的参考值。

如果工作仪表受到迟滞的影响,校准时应增加或减少参考值。

5.8 使用由参考标准仪器校准得到的修正图表或数学模型,以减少参考标准仪器的不确定度影响。

5.9 在校准工作仪表时,由于存在系统误差,应对参考值进行修正。例如与物理量和可变的物理量(可测量)密切相关的环境因素的影响。

5.10 记录仪器的所有异常现象。

5.11 校准数据表应注明日期并签字后作为永久性文件安全保存。这些记录将是工作仪表的合格证明材料。

6 校准不确定度的确定

6.1 总则

本章给出了推导工作仪表的数学模型及评价环境因素对校准和测量不确定度影响的方法。

6.2 校准不确定度

从 6.3 中给出的三种数学模型中选择一种适合的数学模型。在大多数仪表中,预期的校准不确定度将决定于所选择的数学模型。模型越复杂,得出的不确定度越小。

6.3 数学模型

6.3.1 模型 1

数学模型 1 是用于没有任何修正的读数装置的显示值。显示值与参考值的最大偏差,作为校准不确定度。把这个校准不确定度填入仪表的标签或记录下来。

6.3.2 模型 2

6.3.2.1 数学模型 2,假定显示值 p_i 与物理变量的实际值 p_a 和各种环境影响因素有关,并如式(4)所示:

$$p_a = b_0 + p_i^k \sum_{k=1}^m b_k k + \sum_{i=1}^n a_i f(E_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- a_i ——线性增益系数,它表示影响的程度;
- b_0, b_i, k ——需要确定的。
- E_i —— n 个环境影响因素之一;
- $f(E_i)$ ——影响测量实际值的 E_i 的函数式;

6.3.2.2 用下列方法的任一组合确定 $f(E_i)$:

- a) 在校准工作仪表时,用公认的理论建立描述环境影响的函数,并对在受控试验中测到的试验数据进行线性回归,确定系数值。
- b) 使用制造商的数据。例如,由于温度引起的零漂,由于结构因素产生的非线性。

注:如果测量时的环境与校准时的环境基本一致,则环境因素可忽略。

6.3.2.3 检查所有数据,在校准工作仪器所用到的每个参考点上,用数学模型计算出预测值,找出显示值与预测值的最大偏差。把这个最大偏差作为校准不确定度,填入仪表牌或记录下来。

6.3.2.4 使用数学模型时,把测试中的显示值与环境因素代入公式,所得结果是测试实际值的估算值。

6.3.3 模型 3

6.3.3.1 当测试时的显示值处于校准时各数据点之间时,假定修正是线性的,数学模型 3 采用逐点修正。

6.3.3.2 估算校准不确定度。

6.3.3.3 对校准时的每一参考值 p_r 及 5 次试验的每个测量值,计算误差 $p_r - p_i$ 。

6.3.3.4 对每一参考值,计算 6.3.3.3 中 5 次试验的误差值的平均值。

6.3.3.5 对于每一个参考值,计算 5 个误差值中的每一个与平均值的差。误差值在 6.3.3.3 中计算,平均值在 6.3.3.4 中确定。

- 6.3.3.6 取 6.3.3.5 中的最大值,把它作为校准不确定度记录下来。
- 6.3.3.7 使用数学模型,由每个参考点的 5 次试验中,得出 6.3.3.4 中确定的平均值相对于显示平均值的曲线。
- 6.3.3.8 为了获得实际值的最佳估算值,使用 6.3.3.7 中曲线去修正测量时得到的显示值。假设记录的离散数据之间采用线性插值法。
- 6.3.3.9 用下述方式考虑环境因素:
- a) 选择使用一个数学模型,它包括了环境因素影响;
 - b) 所用仪表不受环境因素明显影响;
 - c) 检查测量时的环境因素与校准时的环境因素的一致性。

6.4 仪表记录或标签

- 6.4.1 为工作仪表准备一个标签或其他的记录,以记载下列信息:
- a) 校准日期;
 - b) 用于工作仪表校准的参考标准仪器的鉴定信息;
 - c) 按照 6.3.1、6.3.2 或 6.3.3 建立的数学模型确定的工作仪表的校准不确定度;
 - d) 如果适用,根据第 4 章确定读数不确定度;
 - e) 工作仪表校准负责人的标识。
- 6.4.2 当使用标签时,要保证读出装置与工作仪表连接可靠,且标签不致偶然脱落和妨碍读数。

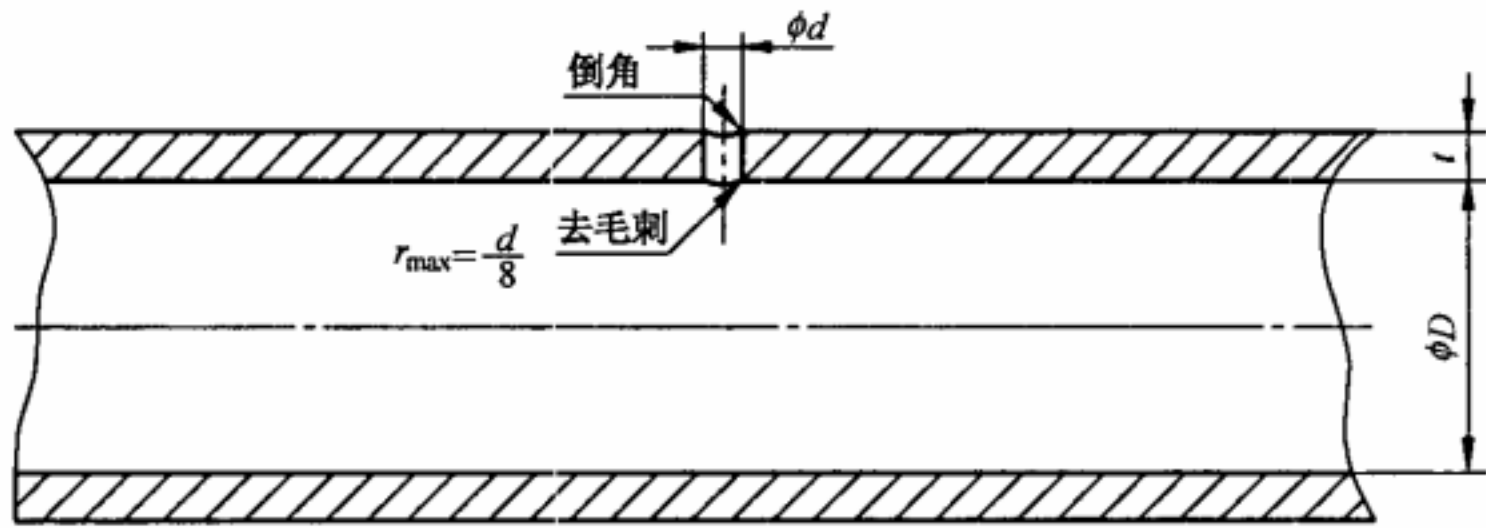
7 设备选择与安装

7.1 选择

- 7.1.1 应选择按第 5 章校准过的工作仪表,将其连接或配置一个读出装置,该装置应按第 4 章进行过评定。工作仪表带有按 6.4.2 填写好的标签或记录。
- 7.1.2 仪表应由按第 6 章推出的数学模型来描述。

7.2 测压点

- 7.2.1 按照图 1 选择和设置测压点。去除管壁内径可见毛刺。如果测压孔的结构不确定,将增加不确定度(见 8.3 测压点不确定度计算)。



说明:在管道同一截面上仅允许设置一个测压孔,并垂直于管道中心线钻孔, $t/d \geq 1.5$ 。

图 1 测压点详图

- 7.2.2 测压点距上下游扰动点的位置,应设置在距上游扰动点至少 $5D$ 处,距下游扰动点至少 $10D$ 处,或符合适用的元件或系统标准。

7.3 测试装置

- 7.3.1 在安装和测试时,应采取必要的预防措施以保证人员和设备的安全。
- 7.3.2 工作仪表的安装方式应与校准时一致。
- 7.3.3 应排除工作仪表中的空气,管道连接点应尽量靠近工作仪表。
- 7.3.4 对温度敏感的工作仪表,其安装方式应使温度效应对测量无显著的影响。当其他方法无效时,为达到足够的隔热效果,可在测量点和工作仪表之间增加长度 250 mm 的管路。
- 7.3.5 工作仪表的环境温度宜保持在其校准时的环境温度的±10℃之内。
- 7.3.6 建议压力测量装置管路长度不宜是泵基振频率波长 1/4 的奇数倍。

在液压油中,波长宜按式(5)计算:

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- λ —— 波长,单位为米(m);
- c —— 传播速度,单位为米每秒(m/s),在刚性管中,近似为 1 100 m/s;在软管中,近似为 600 m/s;
- f —— 泵基振频率,单位为赫兹(Hz)。

7.4 脉冲阻尼器

- 7.4.1 如果使用脉冲阻尼器,阻尼器的首选安装位置应尽量接近测压点,利用管道和工作仪表的液容所形成的阻尼。
注:有些阻尼器由于液阻不对称而引起测量误差。
- 7.4.2 在测试系统工作时调节阻尼器。关闭阻尼器,使指针的可视摆动停止。然后,慢慢打开阻尼器直到指针重新开始动作,但不应让指针摆动过度。

8 测试数据的获取和测压点不确定度影响的计算

8.1 测试读数

仅在测量系统和测试系统达到稳定工况后读取测试值。

8.2 压力头修正

- 8.2.1 由于工作仪表和测压点之间的流体高度差引起的压力头效应,应对每个压力读数进行修正。压力修正值 δ_{p1},单位为兆帕(MPa),由式(6)确定:

$$\delta_{p_1} = g\rho h \times 10^{-6} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- g —— 重力加速度(9.81 m/s²),单位为米每二次方秒(m/s²);
- ρ —— 流体密度,单位为千克每立方米(kg/m³);
- h —— 流体压头,单位为米(m)。

- 8.2.2 若测试期间流体高度变化,8.2.1 的不确定度影响计算必须使用可能产生的最大高度差。

8.3 测压点引起的不确定度

利用压力修正值 δ_{p2},单位为兆帕(MPa),估算因测压点缺陷引起的不确定度,由式(7)确定:

$$\delta_{p_2} = K V_e^2 d$$

.....(7)

式中：

K ——经验常数，例如下列值：

- $K=0.25\times10^{-4}$ ，用于符合 7.2 的测压点；
- $K=1.44\times10^{-4}$ ，适用于测压孔的半径不能确定，但其他符合 7.2 的测压点；
- $K=4.07\times10^{-4}$ ，用于不符合 7.2 的测压点；

V_e ——测试期间的最大流体速度，单位为米每秒(m/s)；

d ——流体比重，单位为千克每立方米(kg/m³)。

9 总的测量不确定度

用工作仪表和测量工况的各不确定度分量计算总的压力测量不确定度。为此，按式(8)求所有项的几何和：

总不确定度 = $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2}$

.....(8)

式中：

- A ——校准不确定度(见第 6 章)；
- B ——读数不确定度 RE (见 4.2 或 4.3)；
- C ——流体压头不确定度(见 8.2)；
- D ——测压点引起的不确定度(见 8.3)。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
液压传动测量技术 第 2 部分:密闭回
路中平均稳态压力的测量
GB/T 28782.2—2012

*

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(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 12 千字
2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-45997 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 28782.2-2012