

计量“建标”指南

(下册: “建标报告”示例)

龙包庚 晏上明 兰海 主编



中国质检出版社
中国标准出版社

计 量 “建 标” 指 南

(下册:“建标报告”示例)

龙包庚 晏上明 兰 海 主编

中国质检出版社

中国标准出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

计量“建标”指南：全2册/龙包庚等主编. —北京：中国质检出版社，2013. 10
ISBN 978-7-5026-3876-4

I. ①计… II. ①龙… III. ①计量仪器—标准—中国—指南 IV. ①TH71-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 198718 号

内 容 提 要

本书分上、下两册。上册介绍建立计量标准必备的计量基础知识，包括我国的法定计量单位、测量误差、测量不确定度分析评定、测量数据处理、量值传递与溯源、测量过程统计控制、实验室能力验证、企业建立计量标准的原则、“建标”报告的撰写、计量标准考核前的准备工作、现场考评前后的工作及获证后的后续监督等内容；下册给出各类计量器具“建标”报告示例 24 篇，涉及几何量、电学、力学、热学、无线电、化学、时间频率等各专业计量技术领域。

本书可为各企业、科研院所和相关机构建立计量标准提供指导，也可作为计量技术和计量管理人员的工具书。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

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 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 500 千字

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月第一次印刷

*

定价 98.00 元 (上、下册)

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

目 录

上册：基础知识

第一章 我国的法定计量单位	1
第一节 国际单位制与国际制单位	1
第二节 我国的法定计量单位	2
第三节 计量器具的改制	11
第四节 法定计量单位的使用方法及规则	12
第二章 测量误差	21
第一节 测量与测量误差定义、来源及分类	21
第二节 测量误差的表达	27
第三节 测量仪器主要特性指标	29
第四节 测量误差的处理	32
第三章 测量不确定度的分析评定	42
第一节 部分相关术语与定义	42
第二节 测量不确定度的表征与评定的方法步骤	47
第三节 测量不确定度评定过程简要说明	48
第四章 测量数据的质量保证与管理	69
第一节 数据判别与剔除	69
第二节 数值修约	71
第三节 极限数值的表示和判定	76
第四节 近似数运算规则	79
第五节 企业测量数据的管理	81
第五章 量值传递与计量溯源性	87
第一节 量值传递	87
第二节 计量溯源性的概念与特点	89
第三节 量值传递与计量溯源性的要求	91
第四节 国家计量检定系统（表）和国防科技工业测量器具等级图	93
第六章 测量过程统计控制	99
第一节 采用控制图进行测量过程的统计控制	99
第二节 计算分析和控制图联用的测量过程统计控制——计量保证 方案（MAP）	107

第七章 实验室能力验证	111
第一节 能力验证和实验室比对概念	111
第二节 能力验证计划的类型及选择	112
第三节 能力验证的组织与设计	114
第四节 能力验证的运作和报告	117
第五节 处理能力验证数据的统计方法	121
第八章 测量（计量）标准概述	126
第一节 测量标准的定义及分类	126
第二节 计量标准的主要计量特性	129
第三节 标准物质	130
第四节 测量标准的保持	132
第九章 计量标准的建立	133
第一节 计量标准建立的原则	133
第二节 建立计量标准前的经济分析	134
第三节 计量标准的命名、组建及试运作考核	135
第十章 《计量标准技术报告》的撰写	147
第一节 计量标准技术报告的地位、作用与结构	147
第二节 撰写计量标准技术报告的一般要求	149
第三节 《计量标准技术报告》几个主要技术栏目的填写	152
第十一章 计量标准考核前的准备工作	160
第一节 文件集的建立与管理	160
第二节 计量标准考核的申请	164
第三节 《计量标准考核（复查）申请书》的填写与使用说明	168
第四节 《计量标准履历书》的填写与使用说明	174
第十二章 现场考评前后的配合工作、整改及获证后的后续监管	179
第一节 考评组进入前（受理环节）的相关准备工作	179
第二节 现场考评时的配合工作	182
第三节 考评后的整改工作	186
第四节 计量标准经考核获证后的后续监管	187
附录	190
附录 1 计量工作控制环节及对象的管理要求与依据	190
附录 2 国家计量检定系统表目录	194
附录 3 企业计量管理工作常用计算公式一览表	197
参考文献	204

下册：“建标报告”示例

第十三章 力学计量器具“建标报告”	205
示例 1 二等活塞式压力计标准装置	205
示例 2 扭矩扳子检定装置	217
示例 3 衡器检定装置	228
第十四章 热学计量器具“建标报告”	242
示例 1 二等铂铑 10—铂热电偶标准装置	242
示例 2 标准水银温度标准装置	258
示例 3 温度二次仪表检定装置	271
第十五章 无线电计量器具“建标报告”	285
示例 1 示波器检定装置	285
示例 2 失真度仪检定装置	302
示例 3 电子电压表检定装置	315
示例 4 低频相位标准装置（按 GJB/J 2749—1996）	329
第十六章 化学计量器具“建标报告”	344
示例 1 玻璃量器检定装置（按 GJB/J 2749—1996）	344
示例 2 可见分光光度计检定装置	357
示例 3 酸度计标准装置	370
示例 4 电导率仪标准装置	382
第十七章 时频计量器具“建标报告”	392
示例 1 通用电子计数器检定装置	392
示例 2 多用时间检定仪标准装置	406
第十八章 几何量计量器具“建标报告”	421
示例 1 3 等量块标准装置	421
示例 2 检定游标类量具标准器组	434
示例 3 2 级角度块标准装置	446
示例 4 检定指示量具标准器组（按 GJB/J 2749—1996）	457
第十九章 电学计量器具“建标报告”	469
示例 1 电能表检定装置	469
示例 2 数字多用表检定装置	480
示例 3 绝缘电阻表检定装置	497
示例 4 耐压测试仪检定装置	509

第十三章 力学计量器具“建标报告”

示例 1 二等活塞式压力计标准装置

计量标准技术报告

计 量 标 准 名 称： 二等活塞式压力计标准装置

计 量 标 准 负 责 人： _____

建标单位名称(公章)： _____

填 写 日 期： _____年____月____日

目 次

一、建立计量标准的目的 ()

二、计量标准的工作原理及其组成 ()

三、计量标准器及主要配套设备 ()

四、计量标准的主要技术指标 ()

五、环境条件 ()

六、计量标准的量值溯源和传递框图 ()

七、计量标准的重复性试验 ()

八、计量标准的稳定性考核 ()

九、检定或校准结果的测量不确定度评定 ()

十、检定或校准结果的验证 ()

十一、结论 ()

十二、附加说明 ()

一、建立计量标准的目的

压力是工业生产中的重要参数之一，压力表作为压力容器设备上的指示仪表，是保证生产安全，保障工程质量和实现生产过程自动化必不可少的仪器。我公司现有 800 多(块)件各种压力表，压力变换器，如全部送外检定，费用达×万元，并且由于送外检定，公司相应设备必须停止工作，时间长，影响生产，同时送检时运输可能对其量值的准确造成影响。为确保公司的压力测量设备量值传递准确可靠、确保安全生产，需建立二等活塞式压力标准装置。

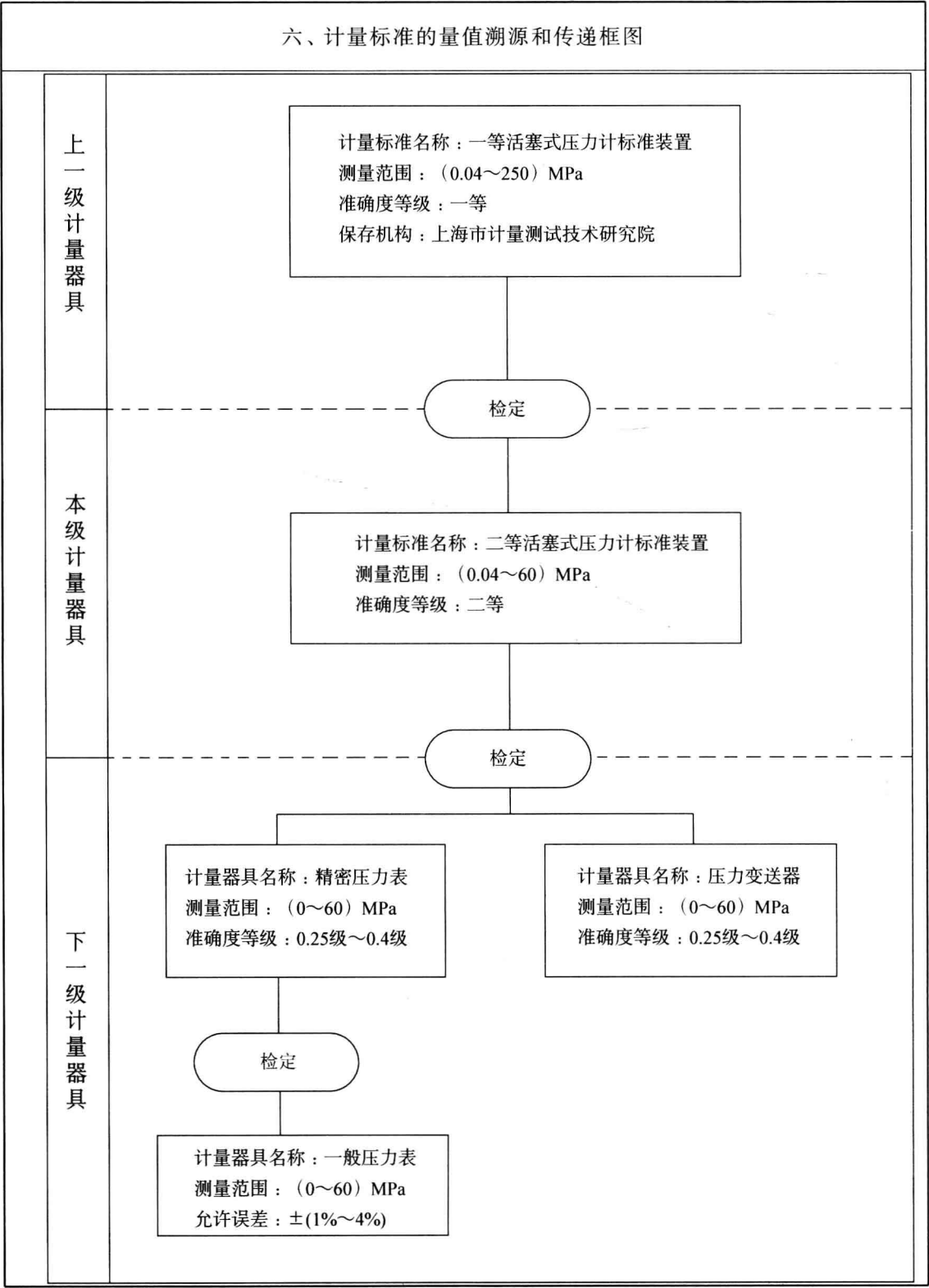
二、计量标准的工作原理及其组成

本标准装置由活塞式系统，专用砝码、校验器和油水分离器等设备组成。采用直接比较法，根据流体静力学平衡原理和帕斯卡定律，由二等标准活塞压力计产生的压力与精密压力表所指示的压力相比较来完成。在活塞压力计上加上相应的专用砝码，当砝码作用于活塞有效面积所产生的压力与校验器发生的压力相平衡时，被检精密压力表指示值与标准器产生的标准压力值之差为精密压力表的示值误差。

三、计量标准器及主要配套设备							
	名称	型号	测量范围	不确定度或 准确度等级 或最大允许 误差	制造厂及出厂 编号	检定或 校准机 构	检定周 期或复 校间隔
计 量 标 准 器	活塞压 力计	YU-6	(0.04~0.6)MPa	0.05 级	上海自动化仪 表四厂××××	×××	2 年
	专用 砝码	YU-6	(0.04~0.6)MPa	0.05 级	上海自动化仪 表四厂××××	×××	2 年
	活塞压 力计	YU-60	(0.1~6)MPa	0.05 级	上海自动化仪 表四厂××××	×××	2 年
	专用 砝码	YU-60	(0.1~6)MPa	0.05 级	上海自动化仪 表四厂××××	×××	2 年
	活塞压 力计	YU-600C	(1~60)MPa	0.05 级	上海自动化仪 表四厂××××	×××	2 年
	专用 砝码	YU-600C	(1~60)MPa	0.05 级	上海自动化仪 表四厂××××	×××	2 年
主 要 配 套 设 备	油水 分离器						

四、计量标准的主要技术指标				
本测量标准的主要技术指标如下： 测量范围：(0.04~0.6)MPa；(0.1~6)MPa；(1~60)MPa 该标准装置的合成标准不确定度：$u_c=0.093\ 4\%$ 相对扩展不确定度：$U_{rel}=0.19\%$（$k=2$）				
五、环境条件				
序号	项目	要求	实际情况	结论
1	温度	$(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$	$(18\sim 22)^{\circ}\text{C}$	符合要求
2	湿度	$<85\%\ \text{RH}$	$<85\%\ \text{RH}$	符合要求
3	其他	防尘、防震	防尘、防震	符合要求

六、计量标准的量值溯源和传递框图



七、计量标准的重复性试验

取一块(0~25)MPa, 0.25 级, 编号为×××的精密压力表, 在相同测量条件下, 用本装置对 10MPa 点进行 12 次测量, 测量结果如下:

10.04	10.04	10.04	10.04
10.04	10.02	10.04	10.06
10.02	10.04	10.06	10.02

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{19.68 \times 10^{-4}}{11}} = 1.33 \times 10^{-2}$$

用应用误差表示: $\frac{1.33 \times 10^{-2}}{25} \times 100 \% = 0.06 \%$

因 $u_c = 0.0934 \%$

故有:

$$s_n = 0.06 \% < u_c = 0.0934 \%$$

本装置重复性符合要求。

八、计量标准的稳定性考核

取一块(0~25)MPa、0.25 级、编号: 01-4-202 的精密压力表, 用本装置对其每隔一个月测量一次, 每次测量 6 个观测值, 共测量了 4 次, 其测得值见下表:

单位: MPa

$x_i \backslash m$	1	2	3	4
$n \backslash$				
1	10.02	10.02	10.02	10.01
2	10.02	10.02	10.02	10.02
3	10.04	10.03	10.02	10.03
4	10.04	10.02	10.03	10.04
5	10.02	10.02	10.03	10.02
6	10.02	10.03	10.02	10.02
$(\bar{x}_n)_i$	10.027	10.023	10.023	10.023
$\bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min}$	0.004			

用引用误差表示: $s_m = \frac{0.004}{25} \times 100 \% = 0.016 \% \leq 0.05 \%$ (0.05%为二等活塞的准确度)

本装置稳定性符合要求。

九、检定或校准结果的测量不确定度评定

1. 测量方法

依据 JJG49—1999《弹簧管式精密压力表和真空表》用相应范围的 0.05 级标准活塞压力计作标准器进行校准。

2. 测量模型

$$\delta_{\text{被}} = P_{\text{被}} - P_{\text{标}} \text{ (计算求值误差)}$$
$$P_{\text{被}} = P_{\text{标}} + \delta_{\text{被}} \tag{1}$$

式中： $\delta_{\text{被}}$ ——被校表示值误差；

$P_{\text{被}}$ ——校准点上被检表示值；

$P_{\text{标}}$ ——0.05 级活塞压力计产生的标准压力值。

其中： $\delta_{\text{被}}$ 为被校表的示值误差，其中包含了一定条件下影响的附加误差，主要是环境温度，指针示值的估读不准确，表指针轴与规定高度有高度差引起的静压影响以及数据修约取舍等。可将(1)式展开：得

$$P_{\text{被}} = P_{\text{标}} + \delta_{\text{被}} \pm (\Delta Pt + \Delta Pg + \Delta Ph + \Delta Px)$$
$$= P_{\text{标}} + \delta_{\text{被}} \pm (kP\Delta t + QR + \rho gh + \Delta Px) \tag{2}$$

式中： k ——被校表弹簧弹性系数；

P ——被校表量程；

Q ——被校表分度值；

R ——被校表估读十分辨量；

Δt ——校准时环境温度偏离标准温度(20℃)的偏差；

ρ ——标准压力计用介质液的密度；

g ——当地重力加速度；

h ——被校表指针轴与压力计活塞下端面的高度差。

3. 方差为灵敏系数

求式(2)对各误差来源量的偏导得出各项的灵敏系数：

$\partial P_{\text{被}} / \partial P_{\text{标}} = 1, \partial P_{\text{被}} / \partial \delta_{\text{被}} = 1, \partial P_{\text{被}} / \partial \Delta t = kP = 0.0004P$

$\partial P_{\text{被}} / \partial R = Q \quad \partial P_{\text{被}} / \partial \Delta P_x = \frac{1}{2}QR$

$\partial P_{\text{被}} / \partial h = \rho g = 0.86 \times 10^{-5} \times 9.7920 = 8.42 \times 10^{-5}$

(9.7920m/s² 是南昌地区重力加速度)

$u_c = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2$

4. 分量标准不确定度的分析计算

为分析简便，取一只 0.25 级，量程为(0~25)MPa，分度值为 0.2 MPa 的精密压力表作对象进行分析，用引用误差来表示。

4.1 $P_{\text{标}}$ 项

由标准压力计引入的来源，属 B 类，准确度级别为 0.05%，服从正态分布，故

$$u_1 = \left(\frac{\partial P_{\text{被}}}{\partial P_{\text{标}}} \right) \times 0.05 \div 2.58 = 0.019\%$$

4.2 δ_被 项

该项来源可从重复性中算得，为 A 类分量。

对被校表分别在如下检定点作全范围多次校准，分别用贝塞尔公式求得单次值实验标准差 s(P)和重复性引入的不确定度，见下表：

$$s(P) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}}{\sqrt{n-1}}$$
$$u_2 = \frac{s(P)}{P\sqrt{2}}$$

单位：MPa

次数 压力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	s(P)	u ₂
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.0103	0.029%
2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.02	2.02	2.02	2.00	2.00	0.0103	0.029%
4	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.02	4.02	4.02	4.00	4.00	0.0103	0.029%
6	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.02	6.02	6.02	6.00	6.00	0.0103	0.029%
8	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	8.04	8.04	8.04	8.02	8.02	0.0103	0.029%
10	10.04	10.04	10.04	10.02	10.02	10.04	10.04	10.06	10.04	10.06	0.0134	0.060%
12	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.06	0.0090	0.025%
14	14.02	14.02	14.02	14.02	14.02	14.02	14.02	14.02	14.04	14.04	0.0098	0.026%
16	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.02	16.04	16.04	16.04	16.04	0.0103	0.029%
18	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	18.04	0.0000	0.000%
20	20.00	20.00	20.00	20.02	20.02	20.02	20.02	20.02	20.02	20.02	0.0078	0.022%
22	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.02	22.02	22.02	22.02	0.0104	0.030%
25	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	0.0000	0.000%

发现在 10MPa 点上变化较大，用此组数据为代表，作为 u₂ 引入的不确定度：

$$u_2 = \left[\left| \frac{\partial P_{\text{被}}}{\partial \delta_{\text{被}}} \right| \times s(P) \right] \div 25 \div 100\% = (1 \times 0.0150) \div 25 \times 100\% = 0.060\%$$

4.3 ΔP_t 项

JJG 49-1999 规定, 0.25 级精密压力表的温度范围为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 则 $\Delta t = 2^\circ\text{C}$, 属均匀分布, 故:

$$\begin{aligned} u_3 &= \frac{2\partial P_{\text{被}}}{\partial \Delta t (25 \times \sqrt{3})} \\ &= \frac{0.0004 \times 25 \times 2}{25} \times \sqrt{3} = 0.046\% \end{aligned}$$

4.4 ΔP_g 项

对指针类刻度仪表, 要求估读至分度的 $1/10$, 由于操作者的习惯势力及指针与刻度盘间有距离, 视线可能产生偏角, 因此估读不可靠性同样以 $\frac{1}{10}$ 分度估计, 该误差分布遵从均匀分布。

$$\begin{aligned} u_4 &= [|\partial p / \partial R|] \times \frac{1}{10} \div (25 \times \sqrt{3}) \times 100\% \\ &= Q \times \frac{1}{10} \div (25 \times \sqrt{3}) \times 100\% = 0.2 \times \frac{1}{10} \div (25 \times \sqrt{3}) \times 100\% = 0.046\% \end{aligned}$$

4.5 ΔP_h 项

实验中实测存在高度差 $h = 10\text{mm}$, 带入误差是不确定度源, 遵从均匀分布, (h 计入时以 m 为单位)。

$$\begin{aligned} u_5 &= [|\partial P_{\text{被}} / \partial h|] \times h \div (25 \times \sqrt{3}) \times 100\% = 0.00020\% \\ &= \frac{8.42 \times 10^{-5} \times 10 \times 10^{-3}}{25 \times \sqrt{3}} = 0.00020\% \end{aligned}$$

4.6 ΔP_r 项

在运算时对校得结果修约至被校表估读值(即分度值的 $1/10$), 取或舍的修约误差为估读值的 $1/2$, 分布同属均匀分布。

$$u_6 = \frac{1}{2} u_4 = \frac{1}{2} \times 0.046\% = 0.023\%$$

5. 合成标准不确定度

以上各分量彼此独立, 互不相关。

$$u_c = \sqrt{0.019^2 + 0.060^2 + 0.046^2 + 0.046^2 + 0.00034^2 + 0.023^2} \times 100\% = 0.0934\%$$

6. 扩展不确定度

当 $p = 95\%$, 取 $k = 2$, 则扩展不确定度:

$$U_{\text{rel}} = k u_c = 2 \times 0.0934\% = 0.19\%$$

7. 标准不确定度一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	分布	不确定度值(%)
u_1	标准器引入的不确定度	正态	0.019
u_2	校准重复性	t	0.060
u_3	环境温度对被检表的影响	均匀	0.046
u_4	被校表估读引入的不确定度	均匀	0.046
u_5	静压影响	均匀	0.00020
u_6	修约取舍	均匀	0.023
$u_c=0.0934\%$	$U_{rel}=1.9\times10^{-3}(k=2)$		

8. 精密压力表虽然测量范围不同,但是被测值的校准和测量能力与测量范围成线性关系,即使绝对值不同,但换算为相对值时,基本相同,所以可以使用单一的相对值表示其不确定度。

十、检定或校准结果的验证

取一块(0~25)MPa,0.25级,编号为01-4-×××的精密压力表,用本装置对10MPa点进行测量,同时把此表送上海计量技术机构检定(检定结果详见检定证书)。将本标准装置给出的测量值 y_a 值与上级计量技术机构的检定结果 y_b 相比较,比较结果有 $|y_a-y_b|<U$ 。

单位:MPa

测量点	y_a	y_b	$ y_a-y_b $
10	10.01	10.00	0.01

从上表可知, $|y_a-y_b|$ 最大差为0.01MPa,即其相对误差为:

$$0.01/25\times100\%=0.04\%$$

因 $U_{rel}=0.19\%$,故有:

$$|y_a-y_b|=0.01/25\times100\%=0.04\%\leq U_{rel}=0.19\%$$

所以经验证本装置测量不确定度合格。