



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1086—2013

---

## 气体活塞式压力计

Pneumatic Piston Gauge

2013-07-04 发布

2013-10-04 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 气体活塞式压力计检定规程

Verification Regulation of Pneumatic

Piston Gauge

JJG 1086—2013

归口单位：全国压力计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

北京长城计量测试技术研究所

太原市太航压力测试科技有限公司

参加起草单位：深圳市计量质量检测研究院

山西省计量监督检定测试所

**本规程主要起草人：**

悦 进 （中国计量科学研究院）

李鑫武 （北京长城计量测试技术研究所）

闫晋平 （太原市太航压力测试科技有限公司）

**参加起草人：**

蔡 庆 （深圳市计量质量检测研究院）

张金亮 （山西省计量监督检定测试所）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 概述 .....	( 1 )
4 计量性能要求 .....	( 1 )
4.1 准确度等级 .....	( 1 )
4.2 活塞有效面积 .....	( 1 )
4.3 活塞及其连接件质量和专用砝码质量 .....	( 2 )
4.4 活塞垂直度 .....	( 2 )
4.5 活塞转动延续时间 .....	( 2 )
4.6 活塞下降速度 .....	( 3 )
4.7 鉴别阈 .....	( 3 )
4.8 密封性 .....	( 3 )
4.9 活塞有效面积周期变化 .....	( 3 )
5 通用技术要求 .....	( 3 )
5.1 外观 .....	( 3 )
5.2 活塞系统 .....	( 4 )
5.3 承重盘和专用砝码 .....	( 4 )
6 计量器具控制 .....	( 4 )
6.1 检定项目 .....	( 4 )
6.2 检定条件 .....	( 4 )
6.3 检定方法 .....	( 6 )
6.4 检定结果的处理 .....	( 11 )
6.5 检定周期 .....	( 11 )
附录 A 压力形变系数的计算 .....	( 12 )
附录 B 检定证书/检定结果通知书内页信息及格式 .....	( 13 )
附录 C 中国各主要城市重力加速度 .....	( 17 )
附录 D 对用于测量绝对压力的压力计的说明 .....	( 19 )

## 引 言

JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1008《压力计量名词术语及定义》和JJF 1059《测量不确定度评定与表示》共同构成本规程制订的基础性系列规范。

本规程参照国际法制计量组织（OIML）的国际建议《压力天平》（Pressure Balance）进行制订，采用了其中的基本原则，对具体方法和技术指标进行了细化、补充和修改。

## 气体活塞式压力计检定规程

### 1 范围

本规程适用于测量范围上限不高于 10 MPa，工作介质和活塞系统润滑介质均为气体，可测量表压和/或绝对压力的气体活塞式压力计（以下简称压力计）的首次检定、后续检定和使用中检查。

本规程不适用于不加载砝码或活塞系统不旋转的压力计。

### 2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJG 99 砝码

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1008 压力计量名词术语及定义

OIML R 110 压力天平国际建议（Pressure Balance）

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

### 3 概述

压力计是利用流体静力平衡原理进行压力测量的计量器具，一般由活塞系统、专用砝码、压力校验器组成。

压力计测量范围下限和测量范围上限应由制造厂注明，测量范围上限一般按  $1 \times 10^n$ ， $1.6 \times 10^n$ ， $2.5 \times 10^n$ ， $4 \times 10^n$ ， $6 \times 10^n$ （MPa）系列选取。

### 4 计量性能要求

#### 4.1 准确度等级

压力计的准确度等级和最大允许误差的关系应符合表 1 的规定

表 1 准确度等级和最大允许误差

准确度等级	最大允许误差
0.005 级	实际测量压力值的 $\pm 0.005\%$
0.01 级	实际测量压力值的 $\pm 0.01\%$
0.02 级	实际测量压力值的 $\pm 0.02\%$
0.05 级	实际测量压力值的 $\pm 0.05\%$

#### 4.2 活塞有效面积

活塞有效面积的最大允许误差和压力计准确度等级的关系应符合表 2.1 的规定。

表 2.1 活塞有效面积最大允许误差

准确度等级	活塞有效面积最大允许误差
0.005 级	$\pm 0.003\%$
0.01 级	$\pm 0.006\%$
0.02 级	$\pm 0.01\%$
0.05 级	$\pm 0.02\%$

压力计的活塞有效面积不宜过小，不同测量范围的压力计的活塞有效面积应符合表 2.2 的规定。

表 2.2 活塞有效面积

测量范围上限/MPa	活塞有效面积不小于/cm <sup>2</sup>
$-0.1 \leq p \leq 0.25$	0.97
$0.25 < p \leq 1$	0.48
$p > 1$	0.097

#### 4.3 活塞及其连接件质量和专用砝码质量

压力计活塞及其连接件质量和专用砝码质量的最大误差应符合表 3 的规定。

表 3 活塞及其连接件质量和专用砝码质量最大允许误差

准确度等级	活塞及其连接件质量和专用砝码质量最大允许误差
0.005 级	$\pm 0.001\%$
0.01 级	$\pm 0.003\%$
0.02 级	$\pm 0.008\%$
0.05 级	$\pm 0.02\%$

#### 4.4 活塞垂直度

压力计的活塞承重盘平面对活塞轴线垂直度应符合表 4 的规定。

表 4 活塞垂直度

准确度等级	垂直度不大于
0.005 级	2'
0.01 级	2'
0.02 级	2'
0.05 级	5'

#### 4.5 活塞转动延续时间

压力计的活塞转动延续时间应符合表 5 的规定。

表 5 活塞转动延续时间

测量范围上限 MPa	测量范围下限的专用 砝码外径不大于/mm	活塞转动延续时间不小于			
		0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
$-0.1 \leq p \leq 0.25$	180	1 min	50 s	40 s	30 s
$0.25 < p \leq 1$	180	2 min	1 min30 s	1 min	40 s
$p > 1$	240	4 min	3 min30 s	2 min30 s	2 min

## 4.6 活塞下降速度

压力计的活塞下降速度应符合表 6 的规定。制造厂注明的测量范围上限与 3 中不一致的压力计，其活塞下降速度应符合最接近的测量范围上限的相应要求。

表 6 活塞下降速度

测量范围上限 MPa	活塞下降速度不大于/(mm/min)			
	0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
$-0.1 \leq p \leq 0.25$	1.0	1.2	1.5	2.0
$0.25 < p \leq 1$	1.2	1.5	1.8	2.2
$p > 1$	1.5	1.8	2.2	2.5

## 4.7 鉴别阈

压力计的鉴别阈应不超过与测量范围下限最大允许误差绝对值相应的砝码质量值，一般放大到 5 mg 的整数倍最接近的值。

## 4.8 密封性

在压力计测量范围上限试验压力下，压力计校验器密封性试验的后 5 min 压力下降值不超过试验压力的 2%。

## 4.9 活塞有效面积周期变化

后续检定压力计的活塞有效面积周期变化应符合表 7 规定。

表 7 活塞有效面积周期变化

准确度等级	活塞有效面积周期变化不大于
0.005 级	0.003%
0.01 级	0.006%
0.02 级	0.01%
0.05 级	0.02%

## 5 通用技术要求

## 5.1 外观

5.1.1 压力计校验器的铭牌上应标有产品名称、型号、仪器编号、测量范围、准确度等级、制造商名称和出厂日期等标记。



5.1.2 用电机带动活塞转动的压力计通电后，转动部件的转动应平稳。

## 5.2 活塞系统

活塞（及其连接件）与活塞筒上均应标有唯一性编号及能指示活塞系统安装方向的标记。活塞和活塞筒的工作表面应光滑无锈点，不应有影响计量性能的锈蚀或划痕。活塞系统转动应灵活，并能自由地在活塞筒内移动，不得有卡滞现象。

## 5.3 承重盘和专用砝码

5.3.1 承重盘和专用砝码上应标有产品编号、标称压力值或标称质量值，标称值相同的专用砝码上还应标有顺序编号。

5.3.2 压力计的承重盘和专用砝码，其表面应完好，有耐磨防锈层的砝码不得有锈点，同时应光滑无损伤。

5.3.3 压力计各块专用砝码的凹凸面必须能正确配合，不得过松或过紧，并能保持同心，取、放自如。

5.3.4 如果承重盘或专用砝码上有调整腔，调整塞的上表面不得高于砝码或承重盘的表面。

5.3.5 压力计专用砝码应使用无磁金属材料。

## 6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

### 6.1 检定项目

压力计的检定项目见表 8。

表 8 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
5.1 外观	+	+	-
5.2 活塞系统	+	+	+
5.3 承重盘和专用砝码	+	+	+
4.2 活塞有效面积	+	+	-
4.3 活塞及其连接件质量和专用砝码质量	+	+	-
4.4 活塞垂直度	+	+	+
4.5 活塞转动延续时间	+	+	+
4.6 活塞下降速度	+	+	+
4.7 鉴别阈	+	+	-
4.8 密封性	+	-	-
4.9 活塞有效面积周期变化	-	+	-

注：表中“+”表示应检定，“-”表示可不检定。

### 6.2 检定条件

## 6.2.1 检定设备

## 6.2.1.1 检定用主标准器

0.005 级的压力计由国家压力基准检定。

其他准确度等级压力计的检定，应满足以下条件：

- (1) 标准器压力计的活塞有效面积最大允许误差绝对值应不大于被检压力计活塞有效面积最大允许误差绝对值的 1/2；
- (2) 标准器的活塞有效面积应大于被检压力计的活塞有效面积或与其接近；
- (3) 首先选用测量范围上限与被检压力计相同的压力计作为标准器，其次可以选用测量范围上限与被检压力计测量范围上限相近的标准器。

## 6.2.1.2 检定用配套设备

检定用配套设备列于表 9。

表 9 检定用配套设备

序号	仪器设备名称	技术要求	用途
1	标准天平或质量比较器	符合 JJG 98 或 JJG 1036 检定规程准确度等级要求	专用砝码质量、活塞及其连接件质量的称量
2	标准砝码	符合 JJG 99 检定规程准确度等级要求	专用砝码质量、活塞及其连接件质量的称量
3	砝码 *	克组、毫克组	检定活塞有效面积、鉴别阈等
4	水平仪 *	分度值等于或优于 0.50 mm/m	活塞垂直度检定
5	百分表或千分表 *	量程为 5 mm 或 10 mm	活塞下降速度检定
6	秒表 *	分度值为 0.2 s 或 0.1 s	活塞转动延续时间检定和活塞下降速度检定
7	数字压力计或精密压力表 *	根据情况选取适当准确度等级和测量范围上限	密封性检定
8	活塞位置指示装置 *	位置指示，分辨力应优于 0.1 mm	观察活塞平衡
9	米尺 *	视情况定，分辨力应优于 1 mm	测量活塞参考平面高度差
10	差压指示仪	分辨力与气体活塞压力计的鉴别阈相当	可选，活塞平衡时指示标准与被检活塞式压力计之间的压力差
注：* 为必备设备			

## 6.2.2 工作介质

压力计检定用的工作介质为安全、洁净、干燥的气体，推荐使用高纯氮气。

## 6.2.3 环境条件

## 6.2.3.1 温度

检定前，压力计须在环境条件下放置 2 h 以上。

在进行压力计的有效面积检定时，根据对活塞系统温度是否进行测量和修正，温度应分别满足表 10 要求。

表 10 温度要求

准确度等级	对每个测量点的活塞系统 温度进行了测量和修正		未进行温度修正
	环境温度	活塞系统温度波动	环境温度
0.005 级	(20±1) °C	±0.2 °C	(20±0.2) °C
0.01 级	(20±1) °C	±0.5 °C	(20±0.5) °C
0.02 级	(20±2) °C	±1 °C	(20±1) °C
0.05 级	(20±2) °C	±2 °C	(20±2) °C

进行其他项目的检定时，环境温度应满足 (20±2) °C。

## 6.2.3.2 湿度

实验室的相对湿度应在 40%~80% 之间。

## 6.2.3.3 其他条件

检定时应无影响计量性能的机械振动、气流和磁场。

## 6.3 检定方法

## 6.3.1 外观检查

按 5.1 要求通过手感、目测或通电进行检查。

## 6.3.2 活塞系统检查

按 5.2 要求通过手感和目测检查。如果存在活塞转动时间短（特别是突然停止转动）、移动不灵活等现象，应该对活塞系统进行清洗，清洗干净并在恒温室放置足够时间后再进行检查。

## 6.3.3 承重盘和专用砝码检查

按 5.3 要求通过手感和目测检查。

## 6.3.4 活塞垂直度检定

把活塞筒安装在压力计校验器上，用校验器造压将工作介质引入连接导管使活塞上升到工作位置。

把水平仪放在压力计承重盘或专用水平检器的中心处，调节校验器或压力计底座上的调整螺钉，使水平仪气泡处于中间位置，然后把水平仪转动 90°（承重盘不动）。用同样方法调整，使气泡处于中间位置。这样反复进行调整，直至水平仪放在这两个位置上时，气泡均处于中间位置。

将水平仪分别放在 0°，90°位置上（0°为第一次放置的任意位置），在每一个位置均将承重盘转动 90°，180°，读取水平仪气泡对中间位置的偏离值，垂直度应符合 4.4 中

的要求。

#### 6.3.5 活塞转动延续时间检定

活塞转动延续时间的检定在正表压下进行。

对单独用于正表压、负表压或绝对压力测量的压力计，在制造厂注明的测量范围下限数值对应的正压下检定；对既用于正表压测量又用于负表压测量的压力计，在负表压的测量范围下限数值对应的正压下检定。

在活塞上加放能产生相应压力的专用砝码，该砝码应与实际使用情况一致，不能使用特制的砝码进行转动延续时间的检定。用校验器造压使活塞处于工作位置，并以 $(20 \pm 1)r/10$  s 的角速度顺时针方向转动，进行活塞转动延续时间的检定。活塞自开始转动至完全停止的时间间隔为活塞转动延续时间。活塞转动延续时间检定 3 次，取其平均值。

#### 6.3.6 活塞下降速度检定

活塞下降速度的检定在正表压下进行。

只用于测量负表压的压力计，测量范围上限按 100 kPa 计算；既用于正表压测量又用于负表压测量的压力计，测量范围上限按正表压部分测量范围上限计算且不小于 100 kPa。

在活塞上加放能产生测量范围上限压力的专用砝码，用校验器造压使活塞处于工作位置，在专用砝码中心处放置百分表（或千分表），使表的触头垂直于专用砝码水平面且升高（3~5）mm，然后约以（30~60）r/min 的角速度使活塞顺时针方向自由转动，保持至少 3 min，若此时活塞已经偏离工作位置，可再次调节压力使活塞保持在工作位置，关闭通向活塞的阀门，再观察百分表（或千分表）指针移动距离，同时用秒表测量时间，每次测量时间不少于 1 min，记录 1 min 的活塞下降距离，检定 3 次，取其最大值。

#### 6.3.7 密封性检定

校验器密封性的检定在正表压下进行。

在校验器的一个测试端上连接数字压力计或精密压力表，关闭通向活塞及其他接口的阀门，用校验器加压至测量范围上限的压力，进行 15 min 的密封性试验，从第 11 min 开始，记录后 5 min 的压力下降值。

#### 6.3.8 活塞有效面积检定

活塞有效面积的检定在正表压下进行。

将被检压力计和标准压力计安装在同一校验器上（或者将标准压力计与被检压力计通过管路连接起来），调整活塞的垂直位置。根据流体静力平衡法，将被检压力计与标准压力计进行面积比较检定。

检定压力计的活塞有效面积，可以根据情况采用以下方法中的一种：

##### 6.3.8.1 直接平衡法

首先，确定标准压力计与被检压力计的活塞及其连接件质量  $m$ 、 $m'$ ，然后测出两压力计参考平面的高度差  $H$ ，再开始进行第一平衡点的检定，第一个平衡点压力值一般为压力计测量范围上限的 10%~20%，分别在两压力计上加放相应的专用砝码，用

校验器加压使标准与被检活塞升至工作位置。在检定过程中，两压力计的活塞均保持各自的工作位置，约以（30~60）r/min的旋转速度使两活塞按顺时针方向转动，若两活塞不平衡，则在上升活塞上加放相应的小砝码，直至两活塞平衡为止。

确定两活塞是否平衡，应观察其是否分别以当前测量点自身应有的下降速度下降。活塞平衡观测可以使用活塞工作位置指示装置，也可以使用差压指示仪来缩短平衡时间。

确定两活塞平衡后，记录当前压力值、活塞温度、两活塞上加放的砝码质量等信息，完成一个检定点的检定。然后以同样的方法，均匀的升压、降压进行其他检定点的检定，检定点一般不少于5点，且尽量在检定范围内均匀分布。在每一检定点进行升压、降压检定时，各读取一次数值。被检压力计的测量范围上限大于标准压力计测量范围上限时，只检定至标准压力计的测量范围上限。

单个检定点的活塞有效面积用公式（1）计算：

$$A'_{i,0} = A \cdot \frac{\left[ \sum_j m'_j \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho'_j} \right) \right]_i \cdot [1 + \alpha(t - t_r)](1 + \lambda p_i)}{\left[ \sum_j m_j \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_j} \right) + (\rho_F(p_i) - \rho_a)AH \right]_i \cdot [1 + \alpha'(t' - t_r)](1 + \lambda' p_i)} \quad (1)$$

式中：

$A'_{i,0}$ ——在零压力和参考温度下，在第*i*个检定点被检压力计的活塞有效面积， $m^2$ ；

$A$ ——在零压力和参考温度下，标准压力计的活塞有效面积， $m^2$ ；

$m_j, m'_j$ ——第*i*个检定点标准压力计和被检压力计所加砝码（含活塞和承重盘）的质量， $kg$ ；

$\rho_j, \rho'_j$ ——分别对应  $m_j, m'_j$  的密度， $kg/m^3$ ；

$\alpha, \alpha'$ ——标准压力计和被检压力计活塞系统材料的热膨胀系数， $^{\circ}C^{-1}$ ；

$t, t'$ ——标准压力计和被检压力计活塞系统的温度， $^{\circ}C$ ；

$t_r$ ——约定温度，我国为  $20^{\circ}C$ ；

$\lambda, \lambda'$ ——标准压力计和被检压力计活塞系统的压力形变系数， $Pa^{-1}$ ；

$p_i$ ——在第*i*个检定点的压力名义值， $Pa$ ；

$\rho_F(p_i)$ ——工作介质在当前测量压力下的密度， $kg/m^3$ ；

$\rho_a$ ——压力计周围空气的密度， $kg/m^3$ ；

$H$ ——标准压力计和被检压力计的参考平面高度差，标准压力计高时取正值， $m$ 。

由于气体具有可压缩性，在进行高度差修正时应考虑不同检定点介质密度的变化。对于氮气可以采用公式（2）计算其密度：

$$\rho_F = \frac{3.3694 \times 10^{-3} (p_i + p_{ATM})}{273.15 + t} \quad (2)$$

式中：

$p_{ATM}$ ——当地大气压， $Pa$ 。

活塞系统的热膨胀系数为活塞与活塞筒线膨胀系数之和，制造商应提供该数据。

压力形变系数可以从制造商提供的说明书获得，也可以通过实验确定或参考附录A的方法计算。如果符合下列情况之一，均不用考虑压力变形系数对活塞有效面积测量的

影响：第一种情况是被检压力计使用与标准压力计相同材料、面积和形状的活塞系统；第二种是在活塞筒的外径和内径之比大于 1.5 的情况下，被检压力计的准确度等级低于 0.005 级或测量上限不大于 1 MPa；第三种情况是 0.05 级的压力计。

如果被检压力计与标准压力计的活塞系统均采用碳化钨或高压陶瓷材料，而且两者的温差不大于 0.2 °C，这时可将公式 (1) 进一步简化为公式 (3)：

$$A'_{i,0} = A \cdot \frac{\left[ \sum_j m'_j \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_j} \right) \right]_i}{\left[ \sum_j m_j \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_j} \right) + (\rho_F(p_i) - \rho_a) AH \right]_i} \quad (3)$$

### 6.3.8.2 起始平衡法

采用起始平衡法进行活塞有效面积检定，应尽量减小两活塞参考平面的高度差，两活塞参考平面高度差不超过表 11 的规定。

表 11 最大允许高度差

准确度等级	最大允许高度差/mm
0.005 级	27
0.01 级	55
0.02 级	91
0.05 级	183

首先确定起始平衡点，起始平衡点压力值一般为压力计测量范围上限的 10%~20%。在标准活塞与被检活塞上加放相应数量的砝码，用校验器加压使标准与被检活塞升至工作位置。在检定过程中，两压力计的活塞均保持各自的工作位置，约以 (30~60) r/min 的旋转速度使两活塞按顺时针方向转动，若两活塞不平衡，则在上升活塞上加放相应的小砝码，直至两活塞平衡为止。起始平衡后，活塞上加载的所有砝码作为起始平衡质量，必须保持不变。

起始平衡后，均匀地升压、降压进行检定，检定点一般不少于 5 点，且尽量在检定范围内均匀分布。每一点的检定方法与直接平衡法的相同。各点检定完后，须对起始平衡点进行复测，检定前后起始平衡质量之差不得超过相当于该点最大允许误差的 10% 压力的小砝码质量，否则应重新检定。

若采用起始平衡法，被检压力计活塞有效面积按公式 (4) 计算：

$$A'_{i,0} = A \times \frac{m'_i}{m_i} \quad (4)$$

式中：

$m_i, m'_i$ ——起始平衡点后，标准压力计和被检压力计第  $i$  个检定点相对于起始平衡点增加的砝码质量，kg。

使用该方法进行活塞有效面积检定还必须满足以下条件之一：①标准压力计与被检压力计的活塞系统压力形变系数和热膨胀系数分别相等、专用砝码密度相同；②被检压力计准确度等级为 0.05 级。

## 6.3.8.3 计算

按照公式 (1)、公式 (3) 或公式 (4) 计算出每个检定点的活塞有效面积后, 再进行如下计算:

活塞有效面积平均值按公式 (5) 计算:

$$A'_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A'_{i,0} \quad (5)$$

式中:

$n$ ——检定次数。

有效面积的实验标准差  $s'_A$  按公式 (6) 计算:

$$s'_A = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (A'_{i,0} - A'_0)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (6)$$

活塞有效面积极限误差为按公式 (7) 计算:

$$\delta_{A'} = \pm 3 \times \frac{s'_A}{A'_0} \times 100\% \quad (7)$$

压力计活塞有效面积极限误差应符合 4.2 的规定。

## 6.3.9 鉴别阈检定

在检定活塞有效面积过程中, 测量上限平衡时进行。当压力平衡后, 在被检压力计上加放的能破坏两活塞平衡的最小砝码质量值为该压力计的鉴别阈。

## 6.3.10 活塞及其连接件质量和专用砝码质量检定

质量的检定, 参照 JJG 99《砝码》检定规程进行。检定时须明确砝码的真空中质量与折算质量。

压力计专用砝码、活塞及其连接件的质量可按标称值配制, 若用于直接指示压力值时, 须按其活塞有效面积、压力计使用地点重力加速度和空气浮力进行修正。

压力计用于检定压力值时, 其专用砝码质量、活塞及其连接件质量按公式 (8) 计算:

$$m = p \times A'_0 \times \frac{1}{g} \times \left( 1 + \frac{\rho_a}{\rho_m} \right) \quad (8)$$

式中:

$m$ ——专用砝码质量、活塞及其连接件质量 (真空中质量), kg;

$p$ ——被测量压力值, Pa;

$A'_0$ ——被检压力计活塞有效面积,  $m^2$ ;

$\rho_a$ ——压力计周围空气的密度,  $kg/m^3$ ;

$\rho_m$ ——专用砝码、活塞及其连接件材料密度,  $kg/m^3$ ;

$g$ ——压力计使用地点的重力加速度,  $m/s^2$ 。

注: 折算质量的定义是: 一物体在约定温度和约定密度的空气中, 与一约定密度的标准器达到平衡, 则标准器的质量即为该物体的折算质量。约定温度 ( $t_r$ ) 为 20 °C; 约定的空气密度 ( $\rho_0$ ) 为 1.2  $kg/m^3$ ; 砝码折算质量的约定密度 ( $\rho_{ref}$ ) 为 8 000  $kg/m^3$ 。折算质量值  $m_c$  与真空中质量值  $m$  的关系式见公式 (9):

$$m = \frac{0.999\ 85}{\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_m}\right)} m_c \quad (9)$$

### 6.3.11 活塞有效面积周期变化的计算

活塞有效面积周期变化是检定得到的有效面积值与上一个周期检定值的差值的绝对值与有效面积比值的百分数，用公式（10）计算：

$$\Delta A' = \frac{|A'_0 - A'|}{A'} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

$\Delta A'$ ——活塞有效面积周期变化；

$A'$ ——上一周期活塞有效面积， $m^2$ 。

### 6.4 检定结果的处理

检定合格的压力计，出具检定证书；检定不合格的压力计出具检定结果通知书，并注明不合格项目；若活塞有效面积周期变化第一次出现不合格，而其他项目全合格时，可视为该压力计检定合格，出具检定证书，但要缩短检定周期至1年，并在证书上注明活塞有效面积周期变化不合格；活塞有效面积周期变化如果连续两次检定不合格，则认为该压力计不合格，并出具检定结果通知书。

### 6.5 检定周期

压力计的检定周期：首次检定后，后续检定的第1个周期为1年；随后的检定周期不超过2年。送检时应附带上一次检定证书。



## 附录 A

## 压力形变系数的计算

## A.1 压力形变系数

(1) 活塞与活塞筒使用不同材料时, 形变系数  $\lambda$  用公式 (A.1) 计算:

$$\lambda = \frac{1}{2E_1} \times \left[ 3\mu_1 - 1 + \frac{E_1}{E} \times \left( \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} + \mu \right) \right] \quad (\text{A.1})$$

式中:

$E$ 、 $E_1$ ——活塞筒、活塞材料的弹性模量, MPa;

$\mu$ 、 $\mu_1$ ——活塞筒、活塞材料的泊松比;

$R_1$ ——活塞筒的外半径, m;

$R_2$ ——活塞的半径, m。

(2) 活塞与活塞筒使用相同材料时, 形变系数  $\lambda$  用公式 (A.2) 计算:

$$\lambda = \frac{1}{E} \times \left( 2\mu + \frac{R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} \right) \quad (\text{A.2})$$

## 附录 B

### 检定证书/检定结果通知书内页信息及格式

- B.1 检定证书/检定结果通知书内页应包含以下信息：
  - B.1.1 检定证书/检定结果通知书编号
  - B.1.2 检定所用计量基准或计量标准信息
    - B.1.2.1 计量基准或计量标准名称
    - B.1.2.2 测量范围
    - B.1.2.3 不确定度/准确度等级/最大允许误差
    - B.1.2.4 证书编号
    - B.1.2.5 检定证书有效期
  - B.1.3 检定条件
    - B.1.3.1 检定条件：温度、相对湿度等
    - B.1.3.2 检定地点
  - B.1.4 被检项目及检定结果
  - B.1.5 检定不合格项说明（只用于检定结果通知书内页格式）
  - B.1.6 页码
  - B.1.7 还可有附加说明部分

以上信息，除 B.1.7 条为可选择项，其余均为必备项。

B.2 检定证书/检定结果通知书内页格式式样

检定证书/检定结果通知书第 2 页

证书编号 ××××××-××××

检定机构授权说明				
检定环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
检定使用的计量（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
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	检定/校准证书 编号	有效期至

第×页 共×页

B.3 检定证书/检定结果通知书检定结果页式样

B.3.1 检定证书第3页

证书编号 ××××××-××××

## 检定结果

外观：\_\_\_\_\_ 活塞系统：\_\_\_\_\_

承重盘和专用砝码：\_\_\_\_\_ 活塞垂直度：\_\_\_\_\_

测量范围：\_\_\_\_\_

活塞有效面积：\_\_\_\_\_ 最大允许误差：\_\_\_\_\_

活塞转动延续时间：\_\_\_\_\_ 活塞下降速度：\_\_\_\_\_

鉴别阈：\_\_\_\_\_ 密封性：\_\_\_\_\_

活塞有效面积周期变化：\_\_\_\_\_

工作介质：\_\_\_\_\_

使用地点的重力加速度：\_\_\_\_\_

活塞及其连件质量和最大允许误差：\_\_\_\_\_

专用砝码质量

序号	标称值/MPa	专用砝码质量/kg	最大允许误差	数量/块
1				
2				
3				
⋮				

以下空白

## B.3.2 检定结果通知证书第3页

证书编号 ××××××-××××

## 检定结果

外观：\_\_\_\_\_ 活塞系统：\_\_\_\_\_

承重盘和专用砝码：\_\_\_\_\_ 活塞垂直度：\_\_\_\_\_

测量范围：\_\_\_\_\_

活塞有效面积：\_\_\_\_\_ 最大允许误差：\_\_\_\_\_

活塞转动延续时间：\_\_\_\_\_ 活塞下降速度：\_\_\_\_\_

鉴别阈：\_\_\_\_\_ 密封性：\_\_\_\_\_

活塞有效面积周期变化：\_\_\_\_\_

工作介质：\_\_\_\_\_

使用地点的重力加速度：\_\_\_\_\_

活塞及其连件质量和最大允许误差：\_\_\_\_\_

专用砝码质量

序号	标称值/MPa	专用砝码质量/kg	最大允许误差	数量/块
1				
2				
3				
⋮				

附加说明

说明检定结果不合格项

以下空白

第×页 共×页

## 附录 C

## 中国各主要城市重力加速度

序号	地点	重力加速度 $g$ $m/s^2$	序号	地点	重力加速度 $g$ $m/s^2$
1	北京	9.801 5	35	乌鲁木齐	9.801 5
2	上海	9.794 6	36	吐鲁番	9.802 4
3	天津	9.801 1	37	哈密	9.800 6
4	重庆	9.791 4	38	拉萨	9.779 9
5	哈尔滨	9.806 6	39	成都	9.791 3
6	佳木斯	9.807 9	40	昆明	9.783 6
7	牡丹江	9.805 1	41	贵阳	9.786 8
8	齐齐哈尔	9.808 0	42	南宁	9.787 7
9	长春	9.804 8	43	柳州	9.788 5
10	吉林	9.804 8	44	郑州	9.796 6
11	沈阳	9.803 5	45	洛阳	9.796 1
12	大连	9.801 1	46	开封	9.796 6
13	丹东	9.801 9	47	武汉	9.793 6
14	锦州	9.802 7	48	汉口	9.793 6
15	石家庄	9.799 7	49	宜昌	9.793 3
16	阜新	9.803 2	50	长沙	9.791 5
17	保定	9.800 3	51	衡阳	9.790 7
18	唐山	9.801 6	52	广州	9.788 3
19	张家口	9.800 0	53	惠阳	9.788 2
20	承德	9.801 7	54	海口	9.786 3
21	山海关	9.801 8	55	南昌	9.792 0
22	太原	9.797 0	56	九江	9.792 8
23	大同	9.798 4	57	福州	9.789 1
24	乌兰里哈	9.799 4	58	杭州	9.793 6
25	包头	9.798 6	59	南京	9.794 9
26	乌兰浩特	9.806 6	60	浦口	9.795 1
27	海拉尔	9.808 1	61	徐州	9.796 7
28	西安	9.794 4	62	合肥	9.794 7
29	延安	9.795 5	63	蚌埠	9.795 4
30	宝鸡	9.793 3	64	安庆	9.793 6
31	潼关	9.795 1	65	芜湖	9.794 4
32	兰州	9.792 6	66	济南	9.798 8
33	西宁	9.791 1	67	青岛	9.798 5
34	银川	9.796 1	68	德州	9.799 5

重力加速度计算公式为式 (C.1):

$$g_{h\phi} = \frac{9.806\,65 \times (1 - 0.002\,65 \times \cos 2\phi)}{1 + \frac{2h}{R}} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$R$ ——地球半径,  $6\,371 \times 10^3 \text{ m}$ ;

$h$ ——测量地点的海拔高度,  $\text{m}$ ;

$\phi$ ——测量地点的纬度。

注: 使用者应根据压力计的准确度等级确定是否需要重力加速度进行实地测量。一般来说, 0.01 级及以下的压力计可参考上表列出的重力加速度值或公式 C.1 计算重力加速度。

## 附录 D

## 对用于测量绝对压力的压力计的说明

## D.1 概述

当活塞式压力计用于绝对压力测量时与测量表压的最大区别在于需要对活塞参考端的空气进行抽空并测量参考端的压力。相应的，压力计需要配备专用真空罩、真空泵和测量参考端压力的计量器具。

## D.2 配套设备及要求

用于测量绝对压力的压力计，配备的专用真空罩一般应透明，没有影响观察的缺陷，保证气密性，并具有相应强度和刚度。

真空泵和用于测量参考端压力的计量器具应具备相应能力，使用时需要等待参考端压力达到相应要求后再记录测量结果。

## D.3 测量绝对压力时的误差计算方法和举例

压力计产生的绝对压力可表示为公式 (D.1)：

$$p = \frac{mg}{A_{(t,p)}} + p_{\text{ref}} \quad (\text{D.1})$$

式中：

$p$ ——压力计输出的压力值（绝对压力），Pa；

$m$ ——专用砝码质量，kg；

$g$ ——使用地点的重力加速度， $\text{m/s}^2$ ；

$A_{(t,p)}$ ——经过温度和压力形变修正后的活塞有效面积， $\text{m}^2$ ；

$p_{\text{ref}}$ ——参考端压力值，Pa。

$p_{\text{ref}}$ 的误差将直接影响到  $p$ ，而  $p_{\text{ref}}$ 的误差取决于参考端压力值及用于测量该压力值的计量器具的误差，可表示为公式 (D.2)

$$\delta_p = p_{\text{ref}} \times \delta \quad (\text{D.2})$$

式中：

$\delta_p$ ——压力计参考端压力引入的误差，Pa；

$p_{\text{ref}}$ ——压力计使用时参考端能达到的压力值，Pa；

$\delta$ ——对应  $p_{\text{ref}}$ ，测量参考端压力的计量器具的最大允许误差相对值。

本规程对压力计的检定都是在表压条件下进行的，规定的准确度等级也只针对表压，当压力计用于绝对压力测量时，使用者应根据实际情况计算压力计在绝对压力测量模式下的误差和准确度等级。

例如，一台可用于测量绝对压力的压力计，测量范围为 (20~400) kPa，检定证书给出其准确度等级为 0.01 级。当使用该压力计用于测量绝对压力 20 kPa 时，若参考端压力达到 10 Pa abs.，用电阻式真空计测量参考端的压力，该真空计的最大允许误差



为±20%，那么在 20 kPa 压力点，该压力计的最大误差为：

$$\pm(20 \times 10^3 \times 0.01\% + 10 \times 20\%) = \pm 4 \text{ Pa}$$

相对误差为：

$$\pm \frac{4}{20 \times 10^3} = \pm 0.02\%$$

---