



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 59—2007

活塞式压力计

Piston Gauge

2007-06-14 发布

2007-12-14 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

活塞式压力计检定规程

Verification Regulation of Piston Gauge



本规程经国家质量监督检验检疫总局 2007 年 6 月 14 日批准，并自 2007 年 12 月 14 日起实施。

归口单位：全国压力计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

江苏省计量科学研究院

本规程委托全国压力计量技术委员会负责解释

本规程起草人：

张鹏程（中国计量科学研究院）

胡安伦（上海市计量测试技术研究院）

张 强（江苏省计量科学研究院）

屠立猛（上海市计量测试技术研究院）

悦 进（中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(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	(2)
4.3 专用砝码质量	(2)
4.4 垂直度	(2)
4.5 活塞转动延续时间	(2)
4.6 下降速度	(3)
4.7 鉴别力	(3)
4.8 密封性	(3)
4.9 活塞有效面积周期变化率	(4)
5 通用技术要求	(4)
5.1 外观	(4)
5.2 活塞系统	(4)
5.3 专用砝码和承重盘	(4)
6 计量器具控制	(4)
6.1 检定项目	(4)
6.2 检定条件	(5)
6.3 检定方法	(7)
6.4 检定结果的处理	(11)
6.5 检定周期	(11)
附录 A 温度修正和压力变形系数	(12)
附录 B 活塞式压力计检定记录格式(参考)	(13)
附录 C 检定证书内页格式(参考)	(16)
附录 D 中国各主要城市重力加速度	(18)

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为 0.6MPa~500MPa, 工作介质为液体的活塞式压力计的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

本规程引用下列文献:

JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》

OIML R 110—1994 Pressure Balance(压力天平国际建议)

JJG 99—2006《砝码检定规程》

使用本规程时, 应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

活塞式压力计是利用流体静力平衡(即作用在活塞有效面积上的流体压力与其所负荷的重力相平衡)原理进行压力测量的计量标准器。活塞式压力计一般由活塞系统、专用砝码、校验器组成。

活塞式压力计按照结构大致可分为简单活塞压力计、反压型活塞压力计和可控间隙活塞压力计; 按照介质可分为液体介质活塞式压力计和气体介质活塞式压力计。本规程针对液体(油)介质简单活塞压力计。

活塞式压力计必须标明标称范围和测量范围, 测量范围下限无法确定的按测量范围上限的 10% 计算。

活塞式压力计的测量范围上限可在 0.6MPa, 6MPa, 25MPa, 60MPa, 100MPa, 160MPa, 250MPa, 500MPa 中选取。若被检活塞式压力计量程与上述量程不一致的, 可按最接近以上量程的数值选取。

4 计量性能要求

4.1 准确度等级

活塞式压力计的准确度等级和最大允许误差应符合表 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	压力值在测量范围下限以下时, 为测量范围下限的 $\pm 0.005\%$	压力值在测量范围内时, 为实际测量压力值的 $\pm 0.005\%$
0.01 级	压力值在测量范围下限以下时, 为测量范围下限的 $\pm 0.01\%$	压力值在测量范围内时, 为实际测量压力值的 $\pm 0.01\%$

表 1 (续)

准确度等级	最大允许误差	
0.02 级	压力值在测量范围下限以下时, 为测量范围下限的 $\pm 0.02\%$	压力值在测量范围内时, 为实际测量压力值的 $\pm 0.02\%$
0.05 级	压力值在测量范围下限以下时, 为测量范围下限的 $\pm 0.05\%$	压力值在测量范围内时, 为实际测量压力值的 $\pm 0.05\%$

4.2 活塞有效面积

活塞式压力计活塞有效面积的最大允许误差应符合表 2 的规定。

表 2 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	$\pm 0.02\%$

4.3 专用砝码质量

活塞式压力计专用砝码质量的最大允许误差应符合表 3 的规定。

表 3 专用砝码质量最大允许误差

准确度等级	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 垂直度

活塞式压力计活塞承重盘平面对活塞轴线垂直度的偏差应符合表 4 的规定。

表 4 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

活塞式压力计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	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
0.6	140	50s	40s	30s	25s
6	230	3min	2min30s	2min	1min
25	230	3min30s	3min	2min30s	1min30s
60, 100, 160	290	4min	3min30s	2min30s	2min
250, 500	340	6min	5min	4min	3min

4.6 下降速度

活塞式压力计活塞下降速度应符合表 6 的规定。

表 6 下降速度

测量范围上限/MPa	负荷压力/MPa	活塞下降速度不大于/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$							
		0.005 级		0.01 级		0.02 级		0.05 级	
		新制造	使用中	新制造	使用中	新制造	使用中	新制造	使用中
0.6	0.6	0.15	0.3	0.2	0.4	0.2	0.5	0.8	1.5
6	6	0.15	0.4	0.2	0.4	0.2	0.5	0.5	1
25	25	0.2	0.4	0.2	0.5	0.5	1.0	0.5	1.5
60	60	0.2	0.5	0.3	0.8	0.8	1.0	1.0	1.5
100	100	0.4	0.7	0.4	0.8	0.8	1.0	1.0	1.5
160	160	0.4	0.8	0.5	1.0	1.0	1.3	1.0	1.6
250	250	0.5	1.0	0.6	1.2	1.0	1.5	1.5	2
500	500	1.5	2	1.5	2.2	1.5	2.5	2.0	3

4.7 鉴别力

压力计的鉴别力应小于能产生相当于最大允许误差 10% 压力的砝码质量值。

4.8 密封性

活塞式压力计校验器密封性应符合表 7 的规定。

表 7 密封性

MPa

测量范围上限	试验压力	后 5min 压力下降值不大于			
		0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
0.6	1	0.02	0.02	0.025	0.05
6	10	0.2	0.2	0.25	0.5
25	30	0.3	0.3	0.5	1.0
60	80	0.5	0.75	1.25	2.0
100	130	1.0	1.5	2.0	3.0

表 7 (续)

测量范围上限	试验压力	后 5min 压力下降值不大于			
		0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
160	200	2.0	2.5	3.0	5.0
250	300	3.0	4.0	5.0	10.0
500	500	4.0	5.0	8.0	12.0

4.9 活塞有效面积周期变化率

检定后, 活塞式压力计活塞有效面积周期变化率应符合表 8 的规定。

表 8 活塞有效面积周期变化率

准确度等级	活塞有效面积周期变化率不大于
0.005 级	0.002 %
0.01 级	0.004 %
0.02 级	0.006 %
0.05 级	0.015 %

5 通用技术要求

5.1 外观

5.1.1 活塞式压力计校验器的铭牌上应标有名称、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 承重盘、专用砝码上应标有编号、压力值或标称质量值以及砝码的顺序编号。

5.1.3 用电机带动的活塞式压力计通电后, 电机转动应正常、平稳, 不应有影响计量性能的跳动。

5.2 活塞系统

活塞式压力计的活塞转动应灵活, 并能自由地在活塞筒内移动, 不得有卡滞现象。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。

5.3 专用砝码和承重盘

5.3.1 首次检定的活塞式压力计砝码和承重盘, 其表面应完好, 有耐磨防锈层(如发蓝、发黑或镀铬)的砝码不得有锈点, 同时应光滑无砂眼及其他损伤。

5.3.2 活塞式压力计各个砝码的凹凸面须能正确配合, 不得过松或过紧, 并能保持同心。

5.3.3 同一标称值的砝码应具有相同的形状和尺寸。

5.3.4 如砝码或承重盘上有调整腔, 调整塞的上表面不得高于砝码或承重盘的表面。

5.3.5 0.02 级以上(含 0.02 级)的活塞式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验。

6.1 检定项目

活塞式压力计的检定项目见表 9。

表 9 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
5.1 外观	+	+	—
5.2 活塞系统	+	+	+
5.3 专用砝码和承重盘	+	+	—
4.2 活塞有效面积	+	+	+
4.3 专用砝码质量	+	+	+
4.4 垂直度	+	+	+
4.5 活塞转动延续时间	+	+	+
4.6 下降速度	+	+	+
4.7 鉴别力	+	+	+
4.8 密封性	+	—	—
4.9 活塞有效面积周期变化率	+	+	—
注：表中“+”表示应检项目，“—”表示可不检项目。			

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 级的活塞式压力计由国家压力基准传递，其他等级的活塞式压力计检定，可选用有效面积的最大允许误差小于被检压力计有效面积的最大允许误差 1/2 的活塞式压力计。一般选用相同测量上限的活塞式压力计检定，量程大于 60MPa 的活塞式压力计可选用测量上限不同的活塞式压力计为标准器，见表 10。

表 10 可选择主标准器量程

MPa

被检活塞式压力计测量上限	标准活塞式压力计测量上限
0.6	0.6
6	6
25	6 或 25
60	60
100	60 或 100
160	60, 100 或 160
250	60, 100 或 160, 250
500	100 或 160, 250, 500

6.2.1.2 检定用配套设备

检定用配套设备见表 11。

表 11 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	符合相应等级规程要求	专用砝码、活塞及其连接件的质量称量
2	标准砝码	符合相应等级规程要求	专用砝码、活塞及其连接件的质量称量
3	砝码*	克组、毫克组	检定活塞有效面积、鉴别力等
4	水平仪*	分度值为 $1' \sim 2'$	垂直性检定
5	百分表或千分表*	量程为 5mm 或 10mm	下降速度检定
6	秒表*	分度值为 $1/5s$ 或 $1/10s$	延续时间检定和下降速度检定
7	精密压力表*	视情况选取适当等级与测量上限	密封性检定
8	活塞位置指示装置*	位置指示, 分辨力优于 0.1mm	观察活塞平衡
9	液位差测量尺*	视情况定, 分辨力应优于 1mm	测量活塞参考平面液位差
10	差压指示仪	按照量程选择合适分辨力	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。			

6.2.1.3 工作介质

活塞式压力计推荐使用的工作介质见表 12。

表 12 工作介质及性能指标

工作介质	工作介质运动黏度(20℃时)/ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	酸值不大于/ $\text{KOH mg} \cdot \text{g}^{-1}$
变压器油或变压器油与煤油的混合油	9~12	0.05
癸二酸酯 (癸二酸二异戊酯或癸二酸二异辛酯)	20~25	0.05

6.2.2 环境条件

活塞式压力计的检定在室温(满足表 13 要求)、相对湿度为 80% 以下的恒温室内进行。检定前, 活塞式压力计须在环境条件下放置 2h 以上, 方可进行检定。

表 13 环境温度

准确度等级	环 境 温 度	
	活塞有效面积检定	其他项目检定
0.005 级	$(20 \pm 0.2)^\circ\text{C}$	$(20 \pm 2)^\circ\text{C}$
0.01 级	$(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$	$(20 \pm 2)^\circ\text{C}$
0.02 级	$(20 \pm 1)^\circ\text{C}$	$(20 \pm 2)^\circ\text{C}$
0.05 级	$(20 \pm 2)^\circ\text{C}$	$(20 \pm 2)^\circ\text{C}$

6.2.3 其他条件

检定时应无影响计量性能的机械振动。

6.3 检定方法

6.3.1 外观检查

按 5.1 用手感、目测或通电检查。

6.3.2 活塞系统检查

用航空汽油或溶剂汽油将活塞式压力计的活塞、活塞筒清洗干净, 放置 10min, 待表面溶剂挥发完后, 按 5.2 手感和目测检查。

6.3.3 专用砝码和承重盘检查

按 5.3 手感和目测检查。

6.3.4 校验器密封性检定

将工作介质充满校验器内腔和各导管, 先在其中一个接嘴上装上精密压力表, 关闭通往大气、油杯和造压泵的阀门, 关闭通往检测口的阀门, 按表 7 规定的试验压力进行 15min 的密封性试验, 从第 11min 开始, 计算后 5min 的压力下降值。再以同样的方法在其余接嘴上进行密封性检定。

6.3.5 承重盘平面对活塞轴线的垂直度检定

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压入连接导管及活塞筒内, 直到工作介质从活塞筒溢出且无气泡排出时, 将表面粘满工作介质的活塞放入活塞筒内, 安装完毕后加压, 使活塞上升到工作位置。注意在安装过程中尽量避免手直接接触活塞和活塞筒, 以避免活塞系统温度变化对检定的影响。

把水平仪放在活塞式压力计承重盘(顶部)的中心处, 调节校验器上螺钉, 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。

6.3.6 活塞转动延续时间检定

按测量范围下限(测量范围下限无法确定的按测量范围上限的 10% 计算)的负荷压力用校验器造压使活塞处于工作位置, 并以 $(20 \pm 1)r/10s$ 的角速度按顺时针方向转动。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。

6.3.7 活塞下降速度检定

按表 6 规定的负荷压力, 先排除校验器内空气, 用校验器造压使活塞处于工作位置, 关闭通向活塞的阀门, 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 $(3 \sim 5)mm$, 然后约以 $(30 \sim 60)r/min$ 的角速度使活塞顺时针方向自由转动, 保持 3min 后, 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 1min, 记录 1min 的活塞下降的距离, 检定 3 次, 取其最大值。

6.3.8 活塞有效面积检定

将被检活塞式压力计和标准活塞式压力计安装在同一校验器上(或者将标准活塞式压力计与被检活塞式压力计通过管路连接起来),调整活塞的垂直位置(调整方法见本规程6.3.5)。根据流体静力平衡法,将被检活塞式压力计与标准压力计进行面积比较检定。

检定活塞式压力计的活塞有效面积,可以根据情况采用以下两种方法中的一种。

6.3.8.1 直接平衡法

首先,确定被检活塞式压力计与标准活塞式压力计的活塞及其连接件质量 m 、 m' ,然后测出两活塞式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活塞式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,应观察其在工作位置上是否保持稳定不变或以同样不显著的速度下降。为了尽快平衡,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,完成一个检定点的测试。然后以同样的方法,均匀的升压、降压进行其他检定点的测试,检定点一般不少于5点。在每一检定点进行升压、降压检定时,各读取一次数值。被检活塞式压力计的测量上限大于标准压力计测量上限时,只检定至标准压力计的测量上限。

有效面积的计算是通过与标准活塞式压力计比较得出的个别值的平均值来确定的,按公式(1)计算:

$$A'_{i,0} = \frac{\left[m' \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho'} \right) + m_i \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_i} \right) + \frac{\gamma C'}{g} \right] A (1 + \Phi_i + \Delta_i)}{m \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho} \right) + m_i \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_i} \right) + (\rho_F - \rho_a) AH + \frac{\gamma C}{g}} \quad (1)$$

式中: $A'_{i,0}$ ——在零压力和参考温度下,在第 i 个平衡点时被检活塞式压力计的有效面积值, m^2 ;

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

m, m' ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计的活塞和砝码承重盘的质量, kg ;

ρ, ρ' ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计的活塞和砝码承重盘的密度, kg/m^3 ;

m_i, m'_i ——在第 i 个压力值平衡后加到标准活塞式压力计和被检活塞式压力计上的砝码质量, kg ;

ρ_i, ρ'_i ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计的专用砝码密度, kg/m^3 ;

ρ_F ——工作介质的密度, kg/m^3 ;

H ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计的参考水平面间的垂直距离，标准活塞压力计高时取正值，m；

ρ_a ——活塞压力计周围空气的密度，kg/m³；

g ——检定地点重力加速度，m/s²；

γ ——工作介质的表面张力系数，N/m；

C, C' ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计的活塞圆周长，m。

注：公式(1)中的 $\gamma C/g$ 和 $\gamma C'/g$ 对于 0.02 级(含)以下活塞式压力计的检定可忽略。

公式(1)中的 Φ_i 和 Δ_i 分别表示在不同温度和不同压力下，活塞有效面积的变形修正辅助系数：

$$\Phi_i = (\alpha_1 + \alpha_2)(t - t_r) - (\alpha'_1 + \alpha'_2)(t' - t_r) \quad (2)$$

$$\Delta_i = (\lambda - \lambda')p_i \quad (3)$$

式中： α_1, α'_1 ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞材料的热膨胀系数，℃⁻¹；

α_2, α'_2 ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞筒材料的热膨胀系数，℃⁻¹；

t, t' ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞系统的温度，℃；

t_r ——参考温度，℃(我国规定为 20℃)；

λ, λ' ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞系统的压力变形系数，Pa⁻¹；

p_i ——在第 i 个压力值平衡时的测量压力，Pa。

压力变形系数可以从制造商提供的说明书或者型式批准证书上获得，也可以通过实验确定或按照附录 A.2 的方法计算。

6.3.8.2 起始平衡法

首先确定起始平衡点，起始平衡点压力值一般为活塞式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，上面所加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。

被检活塞压力计活塞有效面积按公式(4)计算：

$$A'_{i,0} = A_0 \times \frac{m'_i}{m_i} \quad (4)$$

式中： $A'_{i,0}$ ——被检活塞式压力计在第 i 个平衡压力点计算得到的活塞有效面积，m²；

A_0 ——标准活塞式压力计活塞有效面积，m²；

m'_i ——起始平衡点后,被检活塞式压力计第 i 个检定点相对于平衡点增加的砝码质量, kg;

m_i ——起始平衡点后,标准活塞式压力计第 i 个检定点相对于平衡点增加的砝码质量, kg。

6.3.8.3 计算

按照公式(1)和公式(4)计算出每个平衡点的活塞有效面积值后,再进行如下计算:

活塞有效面积平均值为

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

式中: n ——检定次数。

有效面积值的实验标准差 $s_{A'}$ 为

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

活塞有效面积极限误差为

$$\delta_{A'} = \pm 3s_{A'} \quad (7)$$

活塞式压力计活塞有效面积极限误差应符合 4.2 的规定。

注:只有当标准活塞式压力计与被检活塞式压力计的活塞系统材料、形状尺寸都基本相同时才采用起始平衡法。

6.3.9 活塞式压力计鉴别力检定

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,在被检活塞式压力计上加放能破坏两活塞平衡的最小砝码质量值为该活塞式压力计的鉴别力。

6.3.10 专用砝码、活塞及其连接件质量检定

活塞式压力计专用砝码、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、空气浮力及活塞压力变形系数进行修正。

砝码质量的检定,参照 JJG 99—2006《砝码检定规程》进行。

检定上限 6MPa 及以下的活塞式压力计,用于测量压力值时,其专用砝码、活塞及其连接件质量按公式(8)计算:

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

式中: m ——专用砝码、活塞及其连接零件质量, kg;

p ——被测量压力值, Pa;

A' ——被检活塞式压力计活塞有效面积, m^2 ;

ρ_a ——周围空气的密度, kg/m^3 ;

ρ_m ——专用砝码、活塞及其连接件材料密度, kg/m^3 ;

g ——活塞式压力计使用地点的重力加速度, m/s^2 。

测量上限大于 25MPa(包括 25MPa)的活塞式压力计,并用于测量压力值时,配套

的专用砝码必须按顺序号放置使用,专用砝码、活塞及其连接件质量按公式(9)计算:

$$m_j = \frac{A'_0 p_j}{g} \left(1 + \frac{\rho_a}{\rho_m} \right) [1 + (2j - 1) \lambda p_j] \quad (9)$$

式中: m_j ——按次序加载的第 j 块砝码的质量, kg;

p_j ——在参考温度和标准重力加速度下, 加载第 j 块砝码产生的压力值, Pa;

A'_0 ——在零压力和参考温度下, 被检活塞式压力计活塞有效面积, m^2 ;

g ——使用地点重力加速度, m/s^2 ;

ρ_a ——周围空气的密度, kg/m^3 ;

ρ_m ——砝码材料的密度, kg/m^3 ;

λ ——活塞-活塞筒组件的压力变形系数, Pa^{-1} 。

注: λ 值取决于活塞和活塞筒材料、尺寸及结构, 其值的计算见附录 A。

6.3.11 活塞有效面积周期变化率检定

活塞有效面积的周期变化率主要是为了保证作为相应等级的活塞式压力计能够满足长期稳定性的要求。

周期变化率是指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。

6.4 检定结果的处理

按本规程要求检定合格的活塞式压力计, 出具检定证书; 检定不合格的活塞式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率不合格, 则应缩短检定周期, 活塞有效面积周期变化率如果两次不合格, 则认为该活塞式压力计不合格, 并出具检定结果通知书。

6.5 检定周期

活塞式压力计的检定周期: 首次检定后为 1 年; 之后的后续检定一般不超过 2 年, 送检时应附带上一次检定证书。

附录 A

温度修正和压力变形系数

A.1 温度修正

起始平衡法检定时,如活塞温度偏离 20℃,则应对活塞有效面积进行修正:

$$\Phi_i = (\alpha_1 + \alpha_2)(t - t_r) - (\alpha'_1 + \alpha'_2)(t' - t_r) \quad (\text{A.1})$$

式中: Φ_i ——不同温度下活塞有效面积的变形修正辅助系数;

α_1, α'_1 ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞材料的热膨胀系数,℃⁻¹;

α_2, α'_2 ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞筒材料的热膨胀系数,℃⁻¹;

t, t' ——标准活塞式压力计和被检活塞式压力计活塞系统的温度,℃;

t_r ——参考温度,℃(我国规定为 20℃)。

A.2 压力变形系数

(1) 活塞、活塞筒使用不同材料时,形变系数 λ 用下式计算:

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

式中: E, E_1 ——活塞筒、活塞材料的弹性模量,MPa;

μ, μ_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、活塞筒使用相同材料时,形变系数用下式计算:

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

A.3 活塞、活塞筒材料的线膨胀系数、弹性模量和泊松比

活塞、活塞筒材料	线膨胀系数	弹性模量	泊松比
合金钢	$1.2 \times 10^{-5} \text{℃}^{-1}$	$2.06 \times 10^5 \text{MPa}$	0.28
铜合金	$1.9 \times 10^{-5} \text{℃}^{-1}$	$6.3 \times 10^4 \text{MPa}$	0.22
碳化钨	$4.5 \times 10^{-6} \text{℃}^{-1}$	$0.93 \times 10^5 \text{MPa}$	0.37

活塞式压力计检定记录格式 (参考)

送检单位 _____ 制造厂商 _____

编 号 _____ 准确度等级 _____

测量范围	型号/规格
------	-------

实验环境: 温度_____℃ 湿度_____ %RH; 活塞温度_____℃; 工作介质:

标准器编号_____准确度等级_____型号/规格_____

测量范围_____有效面积 $A =$ _____ cm^2

检定内容

外观:_____密封性:_____

垂直度: _____ 鉴别力: _____

活塞下降速度:

(1) _____ mm/min (2) _____ mm/min (3) _____ mm/min 最大 _____ mm/min

活塞转动延续时间:

(1) _____ min _____ s (2) _____ min _____ s (3) _____ min _____ s 平均 _____ min _____ s

活塞有效面积的检定:

□ 直接平衡法有效面积的计算

两活塞参考平面高度差: _____ mm

$$A'_{i,0} = \frac{\left[m' \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho'} \right) + m'_i \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho'_i} \right) + \frac{\gamma \mathcal{C}'}{g} \right] A (1 + \Phi_i + \Lambda_i)}{m \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho} \right) + m_i \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_i} \right) + (\rho_F - \rho_a) A H + \frac{\gamma \mathcal{C}}{g}}$$

[illegible]

□ 起始平衡法

序 号	压力/MPa	m'_i : 被检活塞式压力计第 i 个检定点相对于平衡点增加的砝码质量/kg	m_i : 标准活塞式压力计第 i 个检定点相对于平衡点增加的砝码质量/kg	被检活塞有效面积单独值/cm ²

活塞有效面积平均值: _____ cm²

$$s_{A'} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (A'_{i,0} - A'_0)^2}{n-1} \right]^{1/2} = \text{_____} \quad \delta_{A'} = \pm 3s_{A'} = \text{_____}$$

周期变化率: _____

专用砝码、活塞及其连接件质量的检定:

(1) 检定上限 6MPa 及以下量程

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

(2) 检定上限大于 25MPa(包括 25MPa)

$$m_j = \frac{A'_0 p_j}{g} \left(1 + \frac{\rho_a}{\rho_m} \right) [1 + (2j-1)\lambda p_j]$$

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

序 号	作用压力/MPa	计算质量/kg	数量/块	备 注

结论: ☐合格 ☐不合格 ☐其他

检定员：_____ 检定日期：_____ 核验员：_____

附录 C

检定证书内页格式 (参考)

(一) 检定证书内页格式

测量范围: _____ MPa

活塞有效面积: _____ cm^2 最大允许误差: $\pm$ _____ %

活塞转动延续时间: _____ min _____ s

活塞垂直度: $\leq$ _____ 活塞下降速度: _____ mm/min

鉴别力: _____ g 密封性: _____

检定时室内温度: _____ $^{\circ}\text{C}$ 工作介质 _____使用地点重力加速度 $g =$ _____ m/s^2

周期变化率: _____

专用砝码

序 号	标 称 值	砝码质量/kg	数量/块
1			
2			
3			
4			
5			
⋮			

活塞及其连接零件的质量 _____ kg

砝码和活塞及其连接零件的质量最大允许误差: $\pm$ _____ %

注意: 下次送检带此证书。

(二) 使用须知

1 活塞压力计工作时必须用水平仪调整, 使承重盘平面对活塞轴线垂直度的偏差不得超过 _____。

2 活塞压力计工作时约以 $(30 \sim 60) \text{r/min}$ 的旋转速度使活塞按顺时针方向转动。

3 活塞浸入活塞筒部分应等于活塞全长的 $2/3 \sim 3/4$ 。有限止器的压力计, 工作时不得触及限止器; 带承重杆加负荷和带滚珠轴承的压力计, 工作时将其升至工作位置指示线。

4 使用时环境:

温度: _____ $^{\circ}\text{C}$; 相对湿度: _____ 以下。

5 为了保护仪器避免损坏, 工作介质必须注意清洁, 对仪器至少每季度清洗一次, 在仪器的油管和油杯里不允许出现污垢和残留物; 活塞筒内壁的清洗应使用细木棒缠上绸

布, 浸上航空汽油仔细擦洗及冲洗。

6 活塞压力计在使用过程中, 应对其活塞转动延续时间、下降速度和密封性定期校验, 半年不少于一次。

活塞转动延续时间不应小于_____ min

下降速度不应大于_____ mm/min

密封性不应大于_____ MPa

附录 D

中国各主要城市重力加速度

序 号	地 点	重力加速度 $g/m\cdot s^{-2}$	$\frac{1}{g}\left(1+\frac{\rho_a}{\rho_{m附}}\right)$	$\frac{1}{g}\left(1+\frac{\rho_a}{\rho_{m相}}\right)$
1	北 京	9.801 5	0.102 041	0.102 070
2	上 海	9.794 6	0.102 113	0.102 142
3	天 津	9.801 1	0.102 045	0.102 075
4	重 庆	9.791 4	0.102 146	0.102 176
5	哈 尔 滨	9.806 6	0.101 988	0.102 017
6	佳 木 斯	9.807 9	0.101 974	0.102 004
7	牡 丹 江	9.805 1	0.102 003	0.102 033
8	齐 齐 哈 尔	9.808 0	0.101 973	0.102 003
9	长 春	9.804 8	0.102 007	0.102 036
10	吉 林	9.804 8	0.102 007	0.102 036
11	沈 阳	9.803 5	0.102 020	0.102 050
12	大 连	9.801 1	0.102 045	0.102 075
13	丹 东	9.801 9	0.102 037	0.102 066
14	锦 州	9.802 7	0.102 028	0.102 058
15	石 家 庄	9.799 7	0.102 060	0.102 089
16	阜 新	9.803 2	0.102 023	0.102 053
17	保 定	9.800 3	0.102 053	0.102 083
18	唐 山	9.801 6	0.102 040	0.102 069
19	张 家 口	9.800 0	0.102 057	0.102 086
20	承 德	9.801 7	0.102 039	0.102 068
21	山 海 关	9.801 8	0.102 038	0.102 067
22	太 原	9.797 0	0.102 088	0.102 117
23	大 同	9.798 4	0.102 073	0.102 103
24	乌 兰 里 哈	9.799 4	0.102 063	0.102 092
25	包 头	9.798 6	0.102 071	0.102 101
26	乌 兰 浩 特	9.806 6	0.101 988	0.102 017
27	海 拉 尔	9.808 1	0.101 972	0.102 002
28	西 安	9.794 4	0.102 115	0.102 144
29	延 安	9.795 5	0.102 103	0.102 133
30	宝 鸡	9.793 3	0.102 126	0.102 156
31	潼 关	9.795 1	0.102 108	0.102 137
32	兰 州	9.792 6	0.102 134	0.102 163

表 (续)

序 号	地 点	重力加速度 $g/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	$\frac{1}{g}\left(1+\frac{\rho_a}{\rho_{\text{mH}}}\right)$	$\frac{1}{g}\left(1+\frac{\rho_a}{\rho_{\text{mH}}}\right)$
33	西 宁	9.791 1	0.102 149	0.102 179
34	银 川	9.796 1	0.102 097	0.102 127
35	乌鲁木齐	9.801 5	0.102 041	0.102 070
36	吐 鲁 番	9.802 4	0.102 032	0.102 061
37	哈 密	9.800 6	0.102 050	0.102 080
38	拉 萨	9.779 9	0.102 266	0.102 296
39	成 都	9.791 3	0.102 147	0.102 177
40	昆 明	9.783 6	0.102 228	0.102 257
41	贵 阳	9.786 8	0.102 194	0.102 224
42	南 宁	9.787 7	0.102 185	0.102 214
43	柳 州	9.798 5	0.102 176	0.102 206
44	郑 州	9.796 6	0.102 092	0.102 122
45	洛 阳	9.796 1	0.102 097	0.102 127
46	开 封	9.796 6	0.102 092	0.102 122
47	武 汉	9.793 6	0.102 123	0.102 153
48	汉 口	9.793 6	0.102 123	0.102 153
49	宜 昌	9.793 3	0.102 126	0.102 156
50	长 沙	9.791 5	0.102 145	0.102 175
51	衡 阳	9.790 7	0.102 153	0.102 183
52	广 州	9.788 3	0.102 179	0.102 208
53	惠 阳	9.788 2	0.102 180	0.102 209
54	海 口	9.786 3	0.102 199	0.102 229
55	南 昌	9.792 0	0.102 140	0.102 170
56	九 江	9.792 8	0.102 132	0.102 161
57	福 州	9.789 1	0.102 170	0.102 200
58	杭 州	9.793 6	0.102 123	0.102 153
59	南 京	9.794 9	0.102 110	0.102 139
60	浦 口	9.795 1	0.102 108	0.102 137
61	徐 州	9.796 7	0.102 091	0.102 121
62	合 肥	9.794 7	0.102 112	0.102 141
63	蚌 埠	9.795 4	0.102 104	0.102 134
64	安 庆	9.793 6	0.102 123	0.102 153
65	芜 湖	9.794 4	0.102 115	0.102 144
66	济 南	9.798 8	0.102 069	0.102 099
67	青 岛	9.798 5	0.102 072	0.102 102
68	德 州	9.799 5	0.102 062	0.102 091

注:

1 本表未列地区的重力加速度值,可用下面公式计算:

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

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

h ——测量地点的海拔高度;

ϕ ——测量地点的纬度。

2 空气、砝码材料密度值

材 料	密度值/ $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$
空气	1.2
铝	2.7×10^3
钢	7.8×10^3

3 用 0.005 级活塞式压力计测量压力时,应该使用更高准确度的重力加速度值和密度值。

中华人民共和国
国家计量检定规程

活塞式压力计

JJG 59—2007

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1.5 字数29千字

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印数1—3 000

统一书号 155026—2266 定价: 24.00 元