



中华人民共和国国家标准

GB/T 30432—XXXX

代替GB/T 30432—2013

液体活塞式压力计

Liquid-operated piston pressure gauge

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请您将知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

目 次	1
前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 基本参数	5
5 技术要求	6
5.1 正常工作条件	6
5.2 参比工作条件	6
5.3 基本误差	6
5.4 垂直度	6
5.5 活塞转动延续时间	6
5.6 活塞下降速度	6
5.7 灵敏限	7
5.8 活塞有效面积	7
5.9 质量误差	8
5.10 密封性	8
5.11 工作介质	8
5.12 承重装置和专用砝码	9
5.13 指示装置	9
5.14 水准泡	9
5.15 外观	9
5.16 抗运输环境性能	9
6 试验方法	9
6.1 试验条件	9
6.2 标准仪器	10
6.3 密封性	10
6.4 垂直度	10
6.5 活塞转动延续时间	10
6.6 活塞下降速度	10
6.7 灵敏限	10
6.8 活塞有效面积	10
6.8.1 起始平衡法	10
6.8.2 直接平衡法	11
6.9 质量误差	12
6.10 工作液体	12
6.11 专用砝码和承重装置	12

6.12 指示装置、水准泡和外观.....	12
6.13 抗运输环境性能.....	12
7 检验规则.....	12
7.1 出厂.....	12
7.1.1 检验项目.....	12
7.1.2 抽样与判定规则.....	13
7.2 型式试验.....	13
7.2.1 检验项目.....	13
7.2.2 抽样及判定规则.....	13
8 标志、包装和贮存.....	13
8.1 标志.....	13
8.2 包装.....	13
8.3 贮存.....	13
附录 A（规范性）试验顺序.....	14
附录 B（规范性）活塞有效面积的计算.....	15
附录 C（规范性）质量计算及压力修正.....	17
附录 D（资料性）检验用仪器.....	19
附录 E（资料性）我国主要城市重力加速度.....	20

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 30432-2013 《液体活塞式压力计》，与 GB/T 30432-2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修改了测量上限；
- b) 增加了术语和定义；
- c) 增加了对专用砝码止口配合尺寸以及活塞连接螺纹的要求；
- d) 增加了精确度等级；
- e) 增加了压力形变系数要求；
- f) 修改了灵敏限的要求；
- g) 修改了标志的要求；
- h) 增加了活塞有效面积的试验方法。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会（TC124）归口。

本文件负责起草单位：

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2013年首次发布；

——本次为第一次修订。

液体活塞式压力计

1. 范围

本文件规定了液体活塞式压力计的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存及运输环境要求。

本文件适用于工作介质为液体的活塞式压力计（以下简称压力计）。本文件适用于测量上限为 600MPa 以下（含 600MPa）的压力计。

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。

- GB/T 264 石油产品酸值测定法
- GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法
- GB/T 1146 水准泡
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液体活塞式压力计 Liquid Operated Piston Pressure Gauge

用液体作为压力传递介质，基于帕斯卡原理和流体静力学平衡原理，用活塞组件将重力量转换成压力量进行压力计量校准的仪器。

3.2

活塞组件 Piston-cylinder Assembly

活塞式压力计的组成部件，由活塞和活塞筒组成，实现重力量向压力量的转换。

3.3

砝码 Balancing Weight

活塞式压力计的组成部件，为压力提供标准重力量的部件。

3.4

承重装置 Load Supporting Device

活塞式压力计的组成部件，与活塞连接，支撑或悬挂砝码，使砝码重量施加于活塞的部件。

3.5

活塞有效面积 Effective Area of the Piston-cylinder

活塞式压力计的仪器常数，它的数值是活塞直径几何面积与活塞间隙环形面积之半的和。通常在量值传递或量值溯源时确定。

3.6

压力形变系数 Pressure Distortion Coefficient

描述活塞有效面积随测量压力线性变化的参数，即单位压力变化对应的活塞有效面积的相对变化量。

3.7

计量单位 unit of measurement

压力计使用的法定计量单位为 Pa（帕斯卡，简称：帕），或是它的十进倍数单位：kPa、MPa 等。

4. 基本参数

压力计的精确度等级为 0.005 级、0.01 级、0.02 级和 0.05 级。砝码基本参数应在表 1 中选取。

表 1 压力计的基本参数

测量上限 MPa	活塞公称面积 cm ²	活塞系统（包括承重装置）		专用砝码推荐配比		
		公称质量 kg	公称压力 MPa	公称质量 kg	公称压力 MPa	数量 块
0.6	1	0.4	0.04	0.1	0.01	6
				0.5	0.05	10
6	0.5	0.5	0.1	0.5	0.1	4
				2.5	0.5	11
	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	4
				1	0.5	11
25	0.2	1	0.5	1	0.5	5
				5	2.5	9
60	0.1	1	1	1	1	4
				5	5	11
	0.05	0.5	1	0.5	1	4
				2.5	5	11
100	0.1	1	1	1	1	2
				2	2	1
				5	5	19
	0.05	0.5	1	0.5	1	2
				1	2	1
				2.5	5	19
160	0.05	1	2	1	2	2
				2	4	1
				5	10	15
250	0.05	2.5	5	2.5	5	1
				5	10	24
	0.02	1	5	1	5	1
				2	10	24
500	0.05	5	10	2.5	5	1
				5	10	1
				12.5	25	19
	0.02	2	10	1	5	1
				2	10	1
				5	25	19
600	0.05	5	10	2.5	5	1
				5	10	1
				12.5	25	23
	0.02	2	10	1	5	1
				2	10	1
				5	25	23

注：若压力计基本参数与上述基本参数不一致，可按最接近以上基本参数的数值选取。

5. 技术要求

5.1 正常工作条件

环境温度：(15~25) °C；

相对湿度：≤80%；

大气压力：(86~106) kPa。

5.2 参比工作条件

环境温度和相对湿度应符合表 2 的规定。

表 2 压力计的参比工作条件

精确度等级	环境温度 °C	相对湿度 %
0.005级	20±0.5	≤80
0.01级	20±0.5	
0.02级	20±1	
0.05级	20±2	

5.3 基本误差

压力计的基本误差限应符合表 3 的规定。

表 3 压力计的基本误差

精确度等级	基本误差限
0.005级	实际测量压力的±0.005%
0.01级	实际测量压力的±0.01%
0.02级	实际测量压力的±0.02%
0.05级	实际测量压力的±0.05%

5.4 垂直度

承重装置的支撑面应与活塞轴心线垂直，其垂直度应不大于表 4 的规定。

表 4 承重装置与活塞的垂直度

精确度等级	垂直度不大于
0.005级	2′
0.01级	2′
0.02级	2′
0.05级	5′

5.5 活塞转动延续时间

压力计在测量上限的 10% 负荷条件下，活塞按顺时针方向自由旋转的初角速度为 (20±1) r/10s 时，活塞转动延续时间不小于表 5 的规定。

表 5 活塞转动延续时间

测量上限 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	340	6min	5min	4min	3min
500, 600	340	/	5min30s	4min30s	3min30s

5.6 活塞下降速度

压力计在测量上限值负荷条件下，活塞的下降速度不应大于表 6 的规定。

表 6 活塞下降速度

测量上限 MPa	负荷压力 MPa	活塞的下降速度不大于 mm/min			
		0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
0.6	0.6	0.15	0.2	0.2	0.8
6	6	0.15	0.2	0.2	0.5
25	25	0.2	0.2	0.5	0.5
60	60	0.2	0.3	0.8	1.0
100	100	0.4	0.4	0.8	1.0
160	160	0.4	0.5	1.0	1.0
250	250	0.5	0.6	1.0	1.5
500	500	/	1.5	1.5	2.0
600	600	/	1.5	1.5	2.0

5.7 灵敏限

压力计的灵敏限应不超过表 7 的规定。压力计的有效面积名义值与表 7 不同的，根据公式(1)计算其灵敏限的最大允许值。

表 7 压力计的灵敏限

测量上限 MPa	活塞公称面积 cm ²	砝码质量值 mg			
		0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
0.6	1	20	20	50	80
6	0.5	25	40	50	100
	0.2	10	15	20	40
25	0.2	20	50	80	100
60, 100	0.1	50	80	100	200
	0.05	25	40	50	100
160	0.05	50	80	100	200
250	0.05	125	200	250	500
	0.02	50	80	100	200
500, 600	0.05	/	250	375	750
	0.02	/	100	150	300

$$\delta = \frac{A_{\text{nom}}}{A'_{\text{nom}}} \times \delta' \quad (1)$$

式中：

δ —被检压力计的灵敏限，mg

δ' —表 7 列出的相应压力计的灵敏限，mg

A_{nom} —被检压力计的活塞公称面积，cm²

A'_{nom} —表 7 列出的相应压力计的活塞公称面积，cm²

5.8 活塞有效面积

活塞压力计的活塞有效面积的允许范围和允许误差，应符合表 8 的规定。

表 8 活塞有效面积

活塞公称面积 cm ²	活塞有效面积允许范围 cm ²	活塞有效面积允许误差 %			
		0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
1	0.9960~1.0040	±0.003	±0.006	±0.01	±0.02
0.5	0.49600~0.50400				
0.2	0.19800~0.20200				
0.1	0.09900~0.10100				
0.05	0.049500~0.050500				
0.02	0.019800~0.020200				

5.9 质量误差

压力计的专用砝码、活塞（包括承重装置），经调整后的实际质量值与根据活塞有效面积所计算质量值之间的相对误差应不大于表 9 的规定。

表 9 质量误差

精确度等级	质量误差 %
0.005 级	±0.001
0.01 级	±0.003
0.02 级	±0.008
0.05 级	±0.02

5.10 密封性

压力计应在表 10 所规定的额定压力条件下，承受 15min 的密封性试验。观察后 5min 的压力下降值，其值应不大于表 10 的规定。

表 10 密封性

测量上限 MPa	额定压力 MPa	压力下降值 MPa			
		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
160	200	2.0	2.5	3.0	5.0
250	300	3.0	4.0	5.0	10.0
500, 600	500	/	5.0	8.0	12.0

5.11 工作介质

压力计所使用的工作介质应无毒，具有良好的化学稳定性、抗乳化及抗泡沫性、较高的闪点，与密封材料具有良好的不相容性，必要时允许多种介质混合使用。工作介质的运动黏度和酸值应符合表 11 的规定。

表 11 工作介质的运动黏度和酸值

测量上限 MPa	20℃时运动黏度 mm ² /s	酸值不大于 mg.KOH /g
0.6~25	9~12	0.05
60~500	20~25	0.05

5.12 承重装置和专用砝码

- a) 压力计承重装置和专用砝码表面应无损伤、无锈斑。
- b) 压力计各块砝码的凸凹面应能正确配合，不得过松或过紧，并保持同心。
- c) 同一标称值的压力计，其相等质量的专用砝码应具有相同的形状和尺寸。
- d) 在承重装置和专用砝码上，应具有调整质量的孔腔，调整后的调整螺塞不得高于承重装置和专用砝码的圆周表面。
- e) 压力计承重装置和专用砝码应使用无磁金属材料。
- f) 压力计可采用压力砝码或千克砝码，采用压力砝码时应在砝码上标明压力值，采用千克砝码时应在砝码上标明质量值并配备压力显示装置。
- g) 压力计专用砝码之间相互配合止口尺寸以及活塞系统连接螺纹应符合表 12 的规定。

表 12 连接尺寸

活塞系统连接螺纹	专用砝码止口配合尺寸	
	250MPa 以下	250MPa 以上（含 250MPa）
M20×1.5	Φ 90	Φ 110

5.13 指示装置

- a) 压力计应有活塞工作位置指示装置；
- b) 压力计应装有活塞行程限位器；
- c) 活塞与活塞筒均应该有唯一性编号，活塞筒上应具有方向标识。

5.14 水准泡

压力计应有水平装置和水平调节器。

- a) 水平装置使用的水准泡为角值 8′ 的圆形水准泡，应满足表 4 的要求。
- b) 水平调节装置在调节水平时，应灵活、平稳，且不应有自由串动现象。

5.15 外观

- a) 压力计可见表面应无毛刺和划痕，标志应齐全、清晰。
- b) 承重装置、专用砝码上应标有压力值或标称质量值以及砝码的顺序编号。

5.16 抗运输环境性能

压力计在运输包装条件下，应能承受 GB/T 25480 的规定。其中

- a) 高温试验选取 40℃；
- b) 低温试验选取 -25℃；
- c) 自由跌落高度为 200mm；
- d) 平面跌落高度为 250mm。

6. 试验方法

压力计试验顺序应按附录 A 的规定。

6.1 试验条件

除符合 5.2 规定的参比工作条件外，还须符合下列要求：

- a) 压力计中使用的工作介质应符合表 11 的规定；

- b) 调节压力计至水平位置，符合表 4 的规定；
- c) 活塞在工作位置时，应能平稳自由转动。

6.2 标准仪器

标准仪器为 0.0025 级、0.005 级、0.01 级和 0.02 级活塞式压力计。

6.3 密封性

将通往活塞系统和输出大气口的阀门关闭，均匀缓慢地加压至表 10 的规定值，耐压 15min，从第 11min 开始用秒表计算时间，采用精确度等级不低于 0.4 级的压力仪表，观察后 5min 压力系统的压力下降值，下降值应符合表 10 的规定。

6.4 垂直度

调整压力计的活塞到工作位置指示线上，将角值为 $1' \sim 2'$ 的条式水平仪放置于承重装置上，并尽量使其处于承重装置中间位置。调节水平调节装置。然后，将条式水平仪转动 90° （承重装置不动），用同样的方法调整水平调节装置，使气泡处于中间位置，如此反复进行，调整水平调节装置，直到条式水平仪放置在这两个位置时，气泡均处于中间位置为止。再将条式水平仪分别放置于 0° 、 90° 和 45° 位置上（ 0° 位置第一次可任意放置），在每一位置时均应将承重装置转动 90° 和 180° ，此时气泡对中间位置的偏离不应大于表 4 的规定。

每次调节水平装置至任何位置时，底座上的圆形水准泡装置中的气泡，所对中间位置的偏离均不应大于表 4 的规定。

6.5 活塞转动延续时间

排除工作液体内积存气体，在 5.5 所规定的负荷压力下，使活塞处于工作位置，并以 $(20 \pm 1) \text{ r}/10\text{s}$ 的初始角速度按顺时针方向转动。此时，用秒表开始测量时间，直到活塞完全停止转动为止。

活塞转动延续时间测量 3 次，其平均值应符合表 5 的规定。

6.6 活塞下降速度

在 5.6 所规定的负荷压力下，使压力计处于水平位置，排除压力计内腔空气将活塞升于工作位置，关闭通往活塞的阀门。在砝码中心处放置百分表，使表的触头升高 $3\text{mm} \sim 5\text{mm}$ ，保持 3 min 后，测量百分表指针在 1min 内所移动的距离。共测量 3 次，取最大值。

6.7 灵敏限

在测量上限值的负荷压力条件下，被检压力计与标准仪器的压力平衡后，按照 5.7 的规定在被检压力计上放置能破坏两活塞平衡的最小砝码，该砝码质量值为该压力计的灵敏限。灵敏限的试验可在活塞有效面积的试验过程中同时进行。

6.8 活塞有效面积

6.8.1 起始平衡法

对于 0.05 级和 0.02 级的压力计，在 5.8 规定的条件下，采用起始平衡法进行活塞有效面积的试验。

- a) 将被检压力计与标准仪器连接起来（或将被检压力计的活塞系统安装在标准仪器上），进行压力系统平衡。
- b) 根据测量的压力上限，按表 13 选取起始平衡点，进行压力系统平衡。如不能平衡，可在活塞上升的压力计上施加小砝码，直至平衡为止。确定压力系统是否平衡，以两活塞在工作位置上保持不变，或以同样缓慢的速度下降为准。

表 13 起始平衡点

测量上限 MPa	起始平衡点压力 MPa
0.6	0.3
6	1
25	2
60	10
100	10
160	20
250	25
500	50
600	50

- c) 在被检活塞压力计的测量范围内选取试验点，并应均匀分布。按第 6.8 b) 的试验方法进行各试验点的压力平衡试验，对 0.05 级活塞压力计应在升压和降压时各检 4 点；对 0.02 级活塞压力计应在升压和降压时各检 5 点。
- d) 该项目试验完毕后，还须对起始平衡点进行复检（按第 6.8 b) 的试验方法）。两次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。如超差则应重新进行压力起始平衡，测定活塞有效面积。
- e) 活塞有效面积的单独值，平均值和误差等的计算，按附录 B 的规定。
- f) 活塞有效面积平均值，经数值修约所保留的位数，应符合表 B.1 的规定，修约后的平均值即为活塞有效面积。
- g) 活塞有效面积与活塞公称面积的偏差应满足表 8 活塞有效面积允许范围规定。活塞误差应满足表 8 活塞有效面积允许误差的规定。

注：起始平衡法只适用于标准压力计与被检压力计的活塞系统材料、形状尺寸基本一致的情况。

6.8.2 直接平衡法

对于 0.005 级和 0.01 级的压力计，在 5.8 所规定的条件下，采用直接平衡法进行活塞有效面积的试验。

- a) 将被检压力计与标准仪器连接起来（或将被检压力计的活塞系统安装在标准仪器上），进行压力系统平衡。
- b) 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。
- c) 测出两活塞式压力计参考平面的高度差 H 。
- d) 在被检压力计测量上限值 15% 左右的压力处，选取起始平衡点，进行压力系统平衡。如不能平衡，可在活塞上升的压力计上施加小砝码，直至平衡为止。确定压力系统是否平衡，以两活塞在工作位置上保持不变，或以同样缓慢的速度下降为准。
- e) 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

试验点的检测。

- f) 然后以同样的方法，均匀的升压、降压进行其他点的测试，试验点不少于 5 点。在每一试验点进行升压、降压测试时，各读取一次数值。
- g) 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，只试验至标准压力计的测量上限。
- h) 活塞有效面积的单独值，平均值和误差等的计算，按附录 B 的规定。
- i) 活塞有效面积平均值，经数值修约所保留的位数，应符合附录 B 中表 B.1 的规定，修约后的平均值即为活塞有效面积。
- j) 活塞有效面积与活塞公称面积的偏差应满足表 8 活塞有效面积允许范围规定。活塞误差应满足表 8 活塞有效面积允许误差的规定。

6.9 质量误差

- a) 专用砝码、活塞（包括承重装置）的质量，应按活塞有效面积、使用地点重力加速度及空气浮力进行配重；
- b) 质量的配重，应按附录 C 进行质量计算。然后再按附录 D 所规定的检验仪器进行质量配重。

6.10 工作介质

运动粘度，按 GB/T 265 所规定的方法进行试验。

酸值，按 GB/T 264 所规定的方法进行检验。

6.11 专用砝码和承重装置

目测检验，结果应符合 5.12 的规定。

6.12 指示装置

目测检验，结果应符合 5.13 的规定。

6.13 水准泡

目测检验，结果应符合 5.14 的规定。

6.14 外观

目测检验，结果应符合 5.15 的规定。

6.15 抗运输环境性能

按 5.16 的要求及 GB/T 25480 规定的方法进行试验。试验后按 6.3~6.7 和 6.11 进行检验。

7. 检验规则

7.1 出厂

7.1.1 检验项目

检验项目应按表 14 的规定：

表 14 出厂检验项目

序号	检验项目	要求条款号	试验方法条款号
1	垂直度	5.4	6.4
2	活塞转动延续时间	5.5	6.5
3	活塞下降速度	5.6	6.6
4	灵敏限	5.7	6.7
5	活塞有效面积	5.8	6.8
6	质量误差	5.9	6.9

7	密封性	5.10	6.10
8	指示装置	5.13	6.12
9	水准泡	5.14	6.12
10	外观	5.15	6.12
11	标志	8.1	6.12

7.1.2 抽样与判定规则

按出厂检验项目进行逐台检验。若某台压力计中有一个检验项目不合格时，即判定该台压力计为不合格品；只有在出厂检验项目全部合格后，才能判定为合格品。合格品应附有合格证、使用说明书，方能出厂。

7.2 型式试验

7.2.1 检验项目

在下列任一情况下，压力计应按的全部技术要求和试验方法进行型式试验：

- a. 新产品的试制定型鉴定；
- b. 成批生产的压力计定期检验；
- c. 当设计、工艺、材料等方面有重大变更时；
- d. 停止生产的压力计，再次生产时。

注：b、d 两项中对 6.10、6.13 和 6.16 试验，可不进行。

7.2.2 抽样及判定规则

在第 7.2.1 a、c 项两种情况下，任意抽取试制品中的 3 台压力计，作为被检样本；在第 7.2.1 b、d 项两种情况下，随机抽取同一批产品中的 3 台压力计，作为被检样本。被检样本只有在所规定的检验项目全部符合本文件时，则型式试验通过。若某台压力计中有一个检验项目不符合要求时，则对 a、c 项为检验不通过，对 b、d 项则应加倍抽取样本进行复检，复检时只检验被检样本的不合格项；经检验合格后，则型式试验通过，否则为不通过。

8. 标志、包装和贮存

8.1 标志

1) 压力计的底座上应有固定的铭牌，铭牌上应标明：

- a. 生产商（制造单位）或商标；
- b. 产品名称或型号；
- c. 精确度等级；
- d. 测量范围；
- e. 制造年、月及产品编号。

2) 说明书中应给出活塞和活塞筒的热膨胀系数和压力形变系数；说明书中应给出活塞杆、承重装置材质的密度，若活塞杆与称重盘材质不同，应给出两者的平均密度。

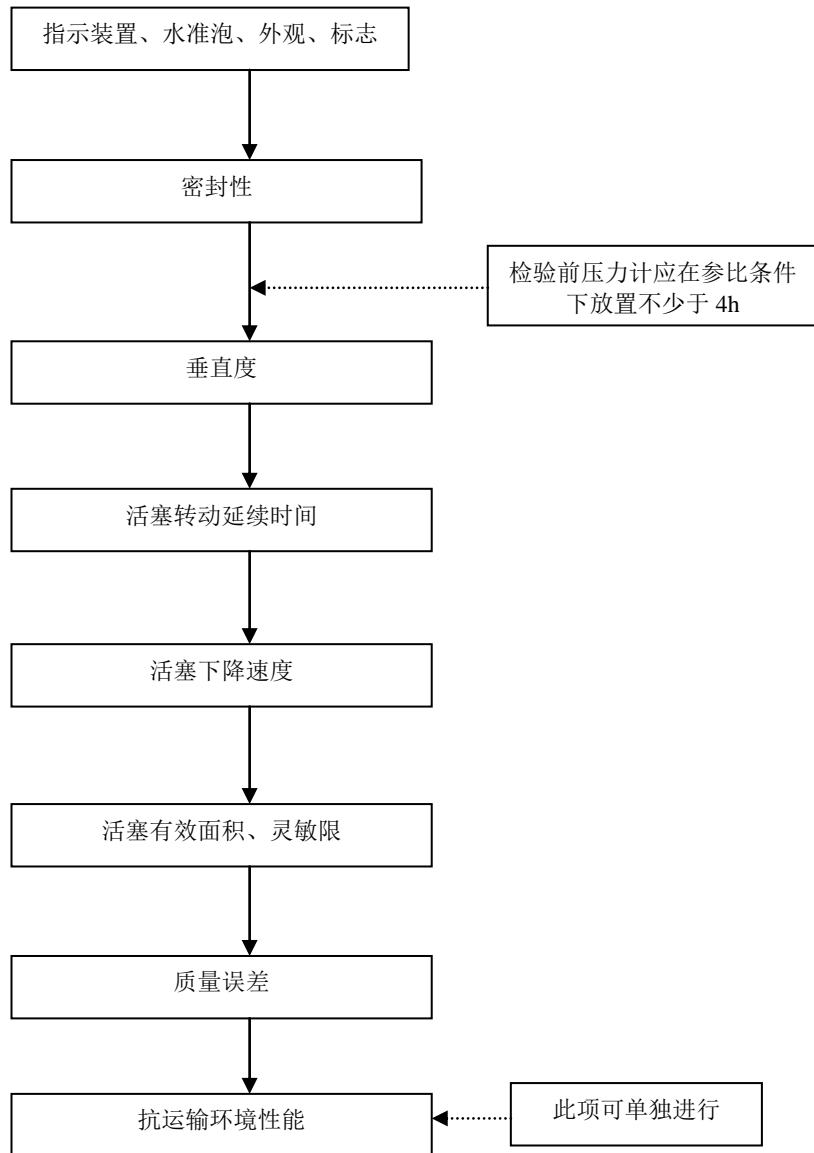
8.2 包装

压力计的包装应符合 GB/T 13384 的相应规定，其中包装的防护类型，可由制造单位自行规定。

8.3 贮存

压力计应贮存在通风干燥的室内，室内空气应洁净并对压力计无腐蚀作用。

附录 A
(规范性)
试验顺序



附录 B
(规范性)
活塞有效面积的计算

B.1 活塞有效面积的单独值

1) 起始平衡法

$$A_i' = A \frac{m_i' + \Delta m_i'}{m + \Delta m} \quad (\text{B.1})$$

式中:

A_i' —— 第 i 个检验点 ($i=1, 2, \dots, n$) 被检压力计活塞有效面积单独值, cm^2 ;

A —— 标准仪器活塞有效面积, cm^2 ;

m_i' —— 起始平衡后, 施加在被检压力计上的专用砝码质量, kg ;

$\Delta m_i'$ —— 起始平衡后, 施加在被检压力计上的小砝码质量, kg ;

m —— 起始平衡后, 施加在标准仪器上的专用砝码质量, kg ;

Δm —— 起始平衡后, 施加在标准仪器上的小砝码质量, kg ;

2) 直接平衡法

$$A_i' = \frac{\left[m \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho} \right) + m_i' \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_i} \right) + \frac{\gamma C'}{g} \right] A (1 + \varphi_i + A)}{m \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho} \right) + m_i' \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_i} \right) + (\rho_F - \rho_a) AH + \frac{\gamma C}{g}} \quad (\text{B.2})$$

式中:

A_i' —— 第 i 个检验点 ($i=1, 2, \dots, n$) 被检压力计活塞有效面积单独值, cm^2 ;

A —— 标准仪器活塞有效面积, cm^2 ;

m, m_i' —— 标准仪器和被检压力计的活塞和砝码承重装置的质量, kg ;

m_i, m_i' —— 第 i 个压力值平衡后加到标准仪器和被检压力计上的砝码质量, kg ;

ρ, ρ' —— 标准仪器和被检压力计的活塞和砝码称重装置的密度, kg/m^3 ;

ρ_i, ρ_i' —— 标准仪器和被检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 —— 标准仪器和被检压力计的参考水平面间的垂直距离, 标准仪器高时取正值, m ;

ρ_a —— 活塞压力计周围空气的密度, kg/m^3 ;

g —— 所在地重力加速度, m/s^2 ;

γ —— 工作介质的表面张力系数, N/m ;

C —— 标准仪器的活塞圆周长, m ;

C' —— 被检压力计的活塞圆周长, m ;

γ —— 工作介质的表面张力系数, N/m ;

公式 B.2 中的 φ_i 和 A_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:

$$\varphi_i = (\alpha_1 + \alpha_2) (t - t_r) - (\alpha_1' + \alpha_2') (t' - t_r) \quad (\text{B.3})$$

$$A_i = (\lambda - \lambda') p_i \text{ (B.4)}$$

式中:

- α_1, α_1' ——标准仪器和被检压力计活塞材料的热膨胀系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- α_2, α_2' ——标准仪器和被检压力计活塞筒材料的热膨胀系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- t, t' ——标准仪器和被检压力计活塞系统的温度, $^{\circ}\text{C}$;
- t_r ——参考温度, $^{\circ}\text{C}$;
- λ, λ' ——标准仪器和被检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。

B.2 活塞有效面积平均值

$$A' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i' \text{ (B.5)}$$

式中:

- A' ——活塞有效面积平均值, cm^2 ;
- n ——检验点数。

B.3 活塞有效面积的实验标准差 $S_{A'}$ 为

$$S_{A'} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (A_i' - A')^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ (B.6)}$$

式中:

- $S_{A'}$ ——活塞有效面积的实验标准差;

B.4 活塞有效面积极限误差为

$$\delta_{A'} = \pm 3S_{A'} \text{ (B.7)}$$

式中:

- $\delta_{A'}$ ——活塞有效面积极限误差;

B.5 活塞有效面积的合格判定

活塞有效面积的极限误差应符合表 8 的规定。如超差时, 可复检一次; 复检超差时, 即判定为不合格。

B.6 活塞有效面积平均值的修约

活塞有效面积平均值的数值修约位数, 应按表 B.1 的规定, 其数值修约原则, 按 GB 8170 中第 3 章数值修约规则中的进舍规则, 进行修约。

表 B.1

活塞公称面积 cm^2	活塞有效面积数值修约位数			
	0.005 级	0.01 级	0.02 级	0.05 级
0.98	0.00001	0.00001	0.00001	0.0001
0.49	0.000001	0.00001	0.00001	0.00001
0.196	0.000001	0.000001	0.00001	0.00001
0.098	0.000001	0.000001	0.000001	0.00001
0.049	0.0000001	0.000001	0.000001	0.000001
0.0196	0.0000001	0.0000001	0.000001	0.000001

附录 C
(规范性)
质量计算及压力修正

C.1 专用砝码和活塞质量计算

1) 测量上限 $\leq 6\text{MPa}$ 的压力计的专用砝码和活塞质量按下式计算:

$$m' = \frac{PA'}{g} \cdot \left(1 + \frac{\rho_b}{\rho_a}\right) \quad (\text{C.1})$$

式中:

m' ——专用砝码、活塞质量, kg;

P ——测量的压力值, Pa;

g ——压力计使用地区的重力加速度值, m/s^2 ;

注: 压力计使用地区的重力加速度值可以参见附录 E, 也可以按照使用地的实测重力加速度值。

ρ_b ——空气密度 (参考值 $\rho_b = 1.2 \text{ kg/m}^3$), kg/m^3 ;

ρ_a ——专用砝码、活塞材料密度, kg/m^3 。

(参考值 $\rho_{\text{钢}} = 7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{铝}} = 2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)

2) 测量上限 $\geq 25\text{MPa}$ 的压力计配套的专用砝码必须按顺序号放置使用, 专用砝码和活塞质量, 按下式计算:

$$m_j = \frac{A' P_j}{g} \left(1 + \frac{\rho_b}{\rho_a}\right) \left[1 + (2j - 1)\lambda P_j\right] \quad (\text{C.2})$$

式中:

m_j ——按次序加载的第 j 块砝码的质量, kg;

P_j ——加载第 j 块砝码产生的压力值, Pa;

λ ——变形系数, Pa^{-1} ; (应在使用说明书中注明)

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

式中:

E, E_1 ——活塞筒、活塞弹性模量, Pa;

μ, μ_1 ——活塞筒、活塞的“泊松比”,

R_1, R_2 ——活塞筒、活塞的半径, m。

注: 1、形变系数可以通过附录 E.2 的公式计算获得, 也可以通过实测获得。

2、形变系数及获得方式应当在使用说明书中予以说明注明

C.2 温度影响的修正

如活塞式压力计的使用温度超过了 5.2 规定的温度, 活塞和活塞筒受温度的影响尺寸发生变化, 则活塞有效面积也发生变化, 则其压力值的修正值按下式计算:

$$\Delta P = P(\alpha_1 + \alpha_2) (20 - t) \quad (\text{C.5})$$

式中

- ΔP ——受温度影响压力变化值，Pa；
- P ——在规定温度下的压力值，Pa；
- α_1 ——活塞材料的线膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；
- α_2 ——活塞筒材料的线膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

C.4 常用活塞、活塞筒材料的机械性能

表 C.1

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

注：标准重力加速度值为 9.80665m/s^2 或按用户指定的使用地重力加速度值，见附录 E；当使用地点重力加速度值的偏离值在表 C.2 所规定的范围之内时，其质量可不加修正。

表 C.2

精确度等级	允许偏离值 m/s ²
0.005 级	0.00005
0.01 级	0.0001
0.02 级	0.0002
0.05 级	0.0005

附录 D

(资料性)
检验用仪器

- D.1 0.0025 级、0.005 级、0.01 级和 0.02 级活塞式压力计。
- D.2 称量 1kg 准确度为 (I)₆ 的机械天平。
- D.3 称量 5kg 准确度为 (I)₆ 的机械天平。
- D.4 准确度为 (I) 的电子天平。
- D.5 砝码 (kg 组、g 组和 mg 组)。
- D.6 条式水平仪：分度值 0.45mm/m。(GB/T 16455-1996《条式和框式水平仪》)
- D.7 百分表：测量范围为 (5~10) mm。
- D.8 秒表：分度值为 1/10 或 1/5s。
- D.9 压力仪表：0.4 级，测量上限值分别为：1.6MPa、16MPa、60MPa、100MPa、400MPa、600MPa。

附录 E
(资料性)
我国主要城市重力加速度

我国主要城市重力加速度见表 E.1。

表 E.1

序号	地区	重力加速度 m/s ²	序号	地区	重力加速度 m/s ²
1	北 京	9.8015	35	乌 鲁 木 齐	9.8015
2	上 海	9.7946	36	吐 鲁 番	9.8024
3	天 津	9.8011	37	哈 密	9.8006
4	重 庆	9.7914	38	拉 萨	9.7799
5	哈 尔 滨	9.8066	39	成 都	9.7913
6	佳 木 斯	9.8079	40	昆 明	9.7836
7	牡 丹 江	9.8051	41	贵 阳	9.7868
8	齐 齐 哈 尔	9.8080	42	南 宁	9.7877
9	长 春	9.8048	43	柳 州	9.7985
10	吉 林	9.8048	44	郑 州	9.7966
11	沈 阳	9.8035	45	洛 阳	9.7961
12	大 连	9.8011	46	开 封	9.7966
13	丹 东	9.8019	47	武 汉	9.7936
14	锦 州	9.8027	48	汉 口	9.7936
15	石 家 庄	9.7997	49	宜 昌	9.7933
16	阜 新	9.8032	50	长 沙	9.7915
17	保 定	9.8003	51	衡 阳	9.7907
18	唐 山	9.8016	52	广 州	9.7883
19	张 家 口	9.8000	53	惠 阳	9.7882
20	承 德	9.8017	54	海 口	9.7863
21	山 海 关	9.8018	55	南 昌	9.7920
22	太 原	9.7970	56	九 江	9.7928
23	大 同	9.7984	57	福 州	9.7891
24	乌 兰 里 哈	9.7994	58	杭 州	9.7936
25	包 头	9.7986	59	南 京	9.7949
26	乌 兰 浩 特	9.8066	60	浦 口	9.7951
27	海 拉 尔	9.8081	61	徐 州	9.7967
28	西 安	9.7944	62	合 肥	9.7947
29	延 安	9.7955	63	蚌 埠	9.7954
30	宝 鸡	9.7933	64	安 庆	9.7936
31	潼 关	9.7951	65	芜 湖	9.7944
32	兰 州	9.7926	66	济 南	9.7988
33	西 宁	9.7911	67	青 岛	9.7985
34	银 川	9.7961	68	德 州	9.7995

注、本表未列地区的重力加速度值，可用下面公式计算：

$$g_{h\phi} = \frac{9.80665 \times (1 - 0.00265 \times \cos 2\phi)}{1 + \frac{2h}{R}}$$

式中：

R——地球半径，等于 $6371 \times 10^3 \text{m}$ ；

h——测量地点的海拔高度；

ϕ ——测量地点的纬度