

基准差压活塞压力计 CPB6000DP 型

DH Desgranges & Huot

WIKA 数据表 CT 32.02

应用

- 高水平基准
- 差压传感器和变送器的测试与校准
- 正负差压
- 起始平衡法测量，可测定活塞缸组件的有效面积

功能特性

- 测量量程 (= 静压 + 差压) 高达 80 MPa / 11,600 psi 气动
- 差压加静压的 0.0001 % (1 ppm) 不确定度, 总测量不确定度为 0.008 %
- 标准配置中包含 COFRAC 校准证书
- 长期高稳定性, 建议重新校准周期为五年
- DP 从 10 Pa 到 80 Mpa / 0.04 英寸水柱直至 11,600 psi, 受静压影响降至 1 ppm



CPB6000DP 型基准差压活塞压力计

说明

参考基准

压力天平是高精度的基本压力标准，可根据公式 $p = F/A$ 直接从质量、长度和时间的的基本单位定义压力的导出单位。

压力天平结合了 Desgranges & Huot 的专门技术，可直接测量压力，并能实现市场上最佳的计量规范。

- 高品质活塞缸装置（浮动时间长，长期稳定性高）
- 铸铝外壳和坚固的组件(最大限度减少了维修和大修服务)

CPB6000DP 专为差压校准和高静态线性压力而设计，由两个液体润滑气体型压力天平组成。

CPB6000DP 天平是两个 CPB6000-PX 天平的组合：

- 集成到一个公共壳体中以便操作并改善测量
- 提供内置压力控制
- CPB6000DP 的一侧也可作为 CPB6000-PX 使用，对表压进行校准

应用

CPB6000 系列压力天平可适用于多种压力校准和测量任务。经过配置后，既可在基准实验室使用，也可作为车间的参考压力仪器。

工作原理

CPB6000DP 由两个活塞缸装置组成。

一个活塞缸装置测量系统中的静压，另一个测量差压。

测量差压时，需要一个低制造公差、高重复性的活塞缸系统以降低测量不确定度。

测试程序如下：首先在两个活塞缸系统中会产生相同的静压。然后，在测量静压的活塞缸系统中多次微增压力，直至两个活塞都处于其中间浮动位置。

接着，两个活塞缸相互分开，对第二个活塞施加产生差压的砝码。在滑动块的帮助下，两个系统现在都保持在浮动位置。此程序可补偿测试项中由压力产生的任何隔膜移动。

活塞缸的特殊本质特性使其能够提供并保持高精度的静压。静压的稳定性比每个活塞柱截面面积的测量不确定度要高许多。

轻松操作

压力设置由通过计量阀提供的外压来完成。对于精细调节，配备了一个能够精确控制的轴泵，有精密主轴在其内部运转。只要测量系统达到平衡，就会在压力和施加的砝码载荷之间达到力平衡。系统的优越性能够保证这种压力保持稳定达数分钟，故可以毫无问题地读出对比测量的压力值，也可以在测试项上进行更复杂的调整。

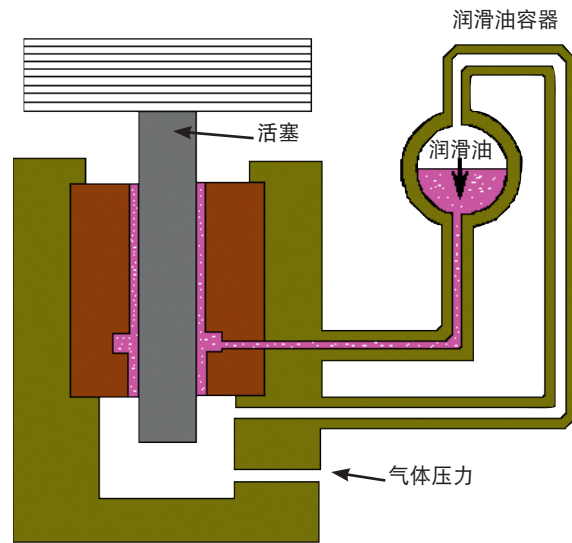
测量不确定度

对于所有的 Desgranges & Huot 压力平衡，测量不确定度定义为所测压力和真值之间的差，包含所有不确定度的分量来源。

定义差压的不确定度取决于三个独立因素：

- 活塞缸系统的功能：已在 Desgranges & Huot 实验室确定的活塞缸系统灵敏度。

- 对比活塞和测量活塞在平衡时的随机误差。此为静压的一项功能。
- 活塞缸系统中有效面积和砝码的不确定度。



润滑油润滑活塞缸原理

差压的稳定性

当今精细的差压传感器和变送器提供的分辨率使得我们能够通过浮动活塞控制压力来观察稳定性。由 CPB6000DP 压力天平两个活塞定义的两个压力“噪声”可能与差压有很大关系，即使其与静压关系很小。

实际上，控制一个稳定性为 8 Pa 的 0.8 kPa…10 MPa / 0.116 …1,450 psi 差压，意味着要将两个单独的压力（低压面标称 10 MPa / 1,450 psi，高压面 10.001 MPa / 1,451.45 psi）控制在百万分之一的范围内。

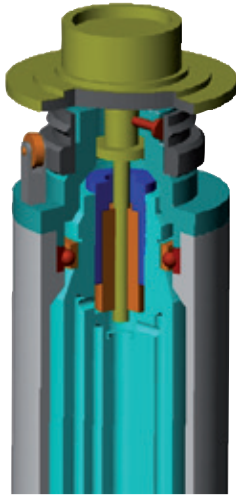
通常情况下，当 CPB6000DP 压力天平的活塞自由旋转时，差压产生的噪声小于静压作用对不确定度数值的影响。

但是，此“噪声”实际上会以与活塞旋转速度大致相同的频率一直循环，除非活塞驱动机构给活塞一个推动力。如果活塞自由旋转产生的循环噪声比较平均，活塞驱动的峰值将消失，就会得到一个精度较高的不确定度数值。当校准具有快速响应时间的高精度测试项时，用户根据这些建议得出的精度结果是所称不确定度的三到四倍。

活塞缸系统组件

活塞保护

为避免干扰活塞的垂直运动，砝码必须直接加载到活塞上。



活塞缸系统组件

可将砝码放置在砝码加载钟罩上，后者直接置于活塞与之紧固相连的圆盘上。当活塞浮动时，活塞和砝码载荷都完全不受限制，并且它们自由移动时不会出现意外摩擦或干扰。

当活塞在其冲程的底部时，活塞盘停留在驱动滚筒上并随之转动。当活塞在其冲程的顶部时，活塞盘的运动被置于驱动滚筒内的三个行程限制栓阻止。在任何位置处，即使电机处于工作状态且活塞也在旋转，也不会出现摩擦点。

未施加压力时可加载最大砝码，或者在未加载砝码时可施加最大压力，不会损坏仪器或导致操作者受伤。

润滑方式

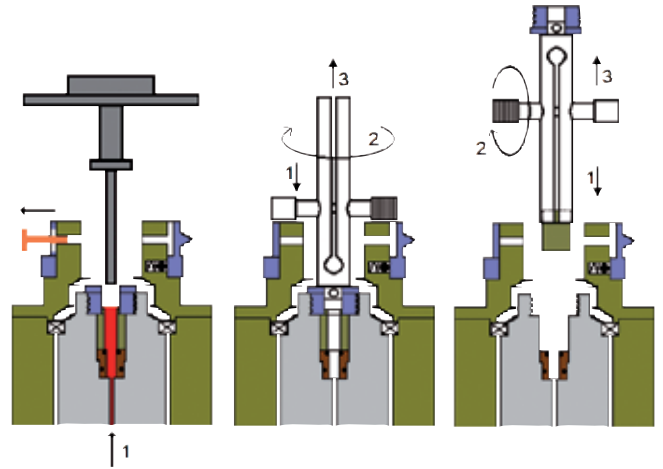
有两种主要类型的测量柱：

- 自由变形模式
- 可重入模式

可重入测量柱接受的活塞缸系统标称直径为 1.6 ... 11.2 mm。

活塞缸系统的可互换性

每种类型的 CPB6000 都有很多可互换的活塞缸系统，使一台单独的仪器能够应用于多种场合。在所有情况下，更换活塞缸系统都不需要大拆卸。用到的唯一工具就是标准套件中提供的专用工具。更换活塞缸系统所需时间不超过 1 分钟。



更换活塞缸系统

Kn 转换系数

什么是 Kn 系数？

安装在 CPB6000 压力天平上的所有活塞缸装置和砝码都是围绕一个标称质量压力换算系数 K_n 而制造。每个活塞缸尺寸的标称有效面积应该是在标准条件下，加载 1 kg 砝码的活塞会产生与 K_n 值相等的压力。

所有质量值，包括活塞和加载钟罩的质量，都被调整为千克的整数倍或分数倍。

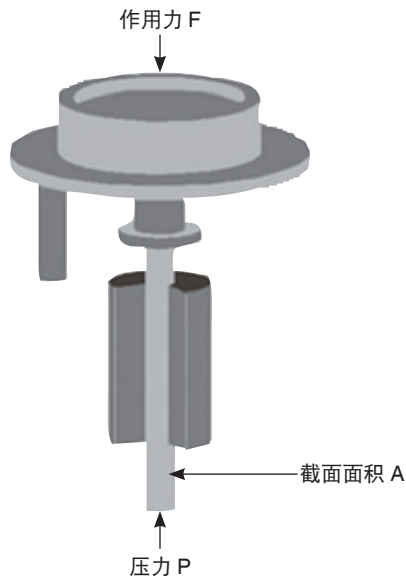
CPB6000 的任何型号定义的标称压力都通过加载的质量 (kg) 乘以 K_n 来计算。

可修正 K_n 来计算所用 CPB6000 型号中不确定度范围内定义的压力。

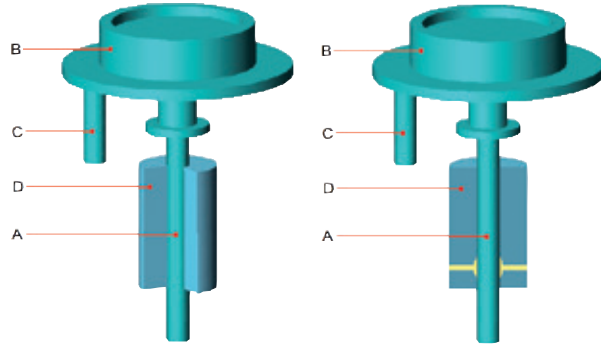
使用 K_n 和千克整数倍质量不会影响传统压力计算公式或系数，从而影响压力天平进行的压力测量。 K_n 是 CPB6000 系列中质量、有效面积和压力之间相关关系的基础。其目的是作为一种工具，通过简化质量载荷和测量压力的计算，减少运算复杂性和产生的误差。

活塞缸 “系统的核心”

活塞缸系统是压力天平的核心，是决定其性能的关键部件。



硬质合金的均匀性使得活塞缸系统能够进行超精密加工。理想几何形状的偏差通常小于 0.1 微米（4 微英寸）。活塞和汽缸之间的径向间隙可精密控制，根据所需间隙在大约 0.2 ...1 微米（8 ...40 微英寸）范围内变化以达到最佳性能。较小直径的活塞也可使用特殊工具钢制成，其对性能影响最小，因为最活动的部件是由硬质合金制成的缸体。



左图：油动活塞缸系统

右图：气动液体润滑活塞缸系统

活塞缸系统的基本原理 $p = F/A$

多种尺寸

CPB6000 活塞缸拥有 7 种不同类型的尺寸。尺寸范围包含高精度压力天平适用的最大和最小直径。因此，可以在一个广泛的尺寸范围内选择一个尺寸，最适合用于所需压力量程和满足其他要求。

小直径可提供高压力质量比，因此使用者不必使用过多数量的砝码，并且有助于整个系统小型化。

- A: 活塞
- B: 活塞头
- C: 旋转栓
- D: 缸体



各种活塞缸系统

材料和加工

大多数情况下，活塞和缸体都由极其坚硬耐磨的硬质合金制成。硬质合金具有大约 $6 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 的杨氏模量和 $4.5 \times 10^{-6}/^\circ \text{C}$ 的线性热膨胀系数。因压力而引起的变形非常小且受温度的影响也很小。

砝码组

可使用 1 kg 到 40 kg 范围内的四种不同的砝码组。砝码用 304 L 非磁性不锈钢加工制成。所有单个砝码的质量均为千克的整数倍或分数倍，并根据精度等级的公差将其调整为标称值。为实现特定的标称压力精度，需要定义不同的精度等级。各砝码组放置在易于运输的坚固且醒目的箱子中。

千克

砝码始终使用千克 (kg) 作为质量单位，因为千克国际标准单位，也是国家和国际标准质量单位，由千克可换算出其它所有质量单位。千克以十进制为基础，便于计算总质量并减少数据位数。

调整和互换

在精度等级公差内将每个砝码调整为标称值，可实现一组或不同组砝码之间的互换。活塞缸系统并不固定使用特定的砝码组。砝码也无需按规定顺序加载。而且无需使用不同质量值通过复杂的方法为每个砝码计算质量加载。相比约数值，整数倍的质量更易确认和重新校准。砝码质量归一化之后的优势非常明显，使用它们不会对压力最后所达到的不确定度有显著影响。

砝码组配置

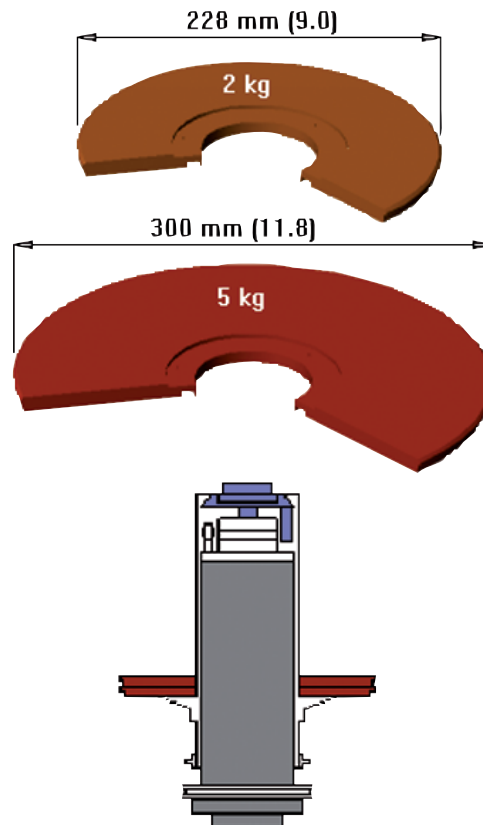
所有砝码组包含多个 2 kg、5 kg 以及 1 kg 的主砝码和最小为 0.01 g 的微调砝码。所有活塞的质量均为 200 g，所有加载钟罩的质量均为 800 g。这样，最低负载为 200 g，活塞与加载钟罩的总质量为 1kg。按照 5、4、2、1 kg 的顺序加载砝码，能够在量程内任意点以 0.01g 的间隔加载所需负载。每个砝码都可通过砝码组序列号以及组内的单独编号识别。

砝码加载

5kg、2kg 和 1kg 的砝码为中间有孔的圆盘，可以放置在加载钟罩上。较小的砝码放置在活塞盘上。这样，大部分负载处于活塞重心的下方，而所有负载都很好地集中在活塞缸的垂直轴上。

标准配置和定制砝码组

标准 CPB6000 砝码组配置不包含活塞组件 (200 g) 和加载钟罩 (800 g)。任何时候都可以将单独的砝码添加到砝码组中。如有这方面的要求，可以使用标准砝码组中的砝码组合成定制的砝码组。



CPB6000 砝码组的主砝码

参考砝码组

参考砝码组由抛光立方体砝码组成，其形状和材料与 CPB6000 砝码相同。参考砝码组可非常方便作为 CPB6000 砝码组本地验证或重新校准的室内参考标准。

压力渐增

砝码组的配置允许进行两步式压力渐增。

- 第一测量点：活塞
- 第二测量点：活塞 + 加载钟罩
- 然后任意点到满量程之间都使用 100 mg 的递增间隔。

CPB6000DP 参数和可用压力量程

可用量程

CPB6000DP 的压力测量范围根据活塞缸组件的具体 Kn 系数而定。同一个 CPB6000DP 仪器中可使用不同活塞缸组件，以适应不同应用场合。

带油润滑的 CPB6000 型气动压力天平

压力范围: ≤ 80 MPa

砝码组: ≤ 40 kg

可用压力量程 (bar)						静压 (SP) 影响 ²⁾	ΔP 测量不 确定度 ¹⁾	最小 ΔP 量程 [MPa]	对应质量 [kg] / 压力 [bar]									
活塞缸装 置 KN	第一点 [MPa]	完整砝码组 (kg)							单个重量 (kg)									
		1	20	30	40				5	4	2	1	0.5	0.2	0.1	砝 码	加 载 砝 码	位 单
最大压力 (MPa)																		
0.5 MPa/ kg	0.1	0.5	10	15	20	10 Pa + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.005	2.5	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	1	4	MPa
1 MPa/kg	0.2	1	20	30	40	40 Pa + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.01	5	4	2	1	0.5	0.2	0.1	2	8	MPa
2 MPa/kg	0.4	2	40	60	80	80 Pa + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.02	10	8	4	2	1	0.4	0.2	4	16	MPa

可用压力量程 (psi)						静压 (SP) 影响 ²⁾	ΔP 测量不 确定度 ¹⁾	最小 ΔP 量程 [psi]	对应质量 [kg] / 压力 [psi]									
活塞缸装 置 KN	第一点 psi	完整砝码组 (kg)							单个重量 (kg)									
		1	20	30	40				5	4	2	1	0.5	0.2	0.1	砝 码	加 载 砝 码	位 单
最大压力 (MPa)																		
100 psi/kg	20	100	2,000	3,000	4,000	0.002 psi + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.001	500	400	200	100	50	20	10	20	4	psi
200 psi/kg	40	200	4,000	6,000	8,000	0.008 psi + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.002	1,000	800	400	200	100	40	20	40	8	psi
250 psi/kg	50	250	5,000	7,500	10,000	0.009 psi + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.0025	1,250	1,000	500	250	125	50	25	50	16	psi
300 psi/kg	60	300	6,000	9,000	12,000	0.01 psi + 1 ppm 静压	0.002 % ΔP	0.003	1,500	1,200	600	300	150	60	30	60	240	psi

1) 由于在测量过程中 (包含因子 k=2) 参考标准的不确定性、环境条件的影响、工具的精密影响、重复性和滞后性，测量当中具有不确定度，总测量不确定度以此来定义。

2) 静压的影响一般定义为 A + 1 ppm ΔP:A 为活塞的“噪声” (= 由活塞旋转引起的压力波动)。1 ppm ΔP 为压力天平的灵敏度 (= 差压变化过程中可检测到的最小值)

规格 CPB6000DP 型

仪器底座

压力传输介质	任何无腐蚀性气体
润滑介质	标准: Drosera™ 油 可选: Krytox™油 (需混用氧气时)
活塞系统	
压力量程	0.02...80 MPa / 0.013 ...11,600 psi
材料	硬质合金
组件类型	液体润滑气体型 (可重入)
活塞位置监控系统	标准: 双机械监控 可选: 电子监控
砵码组	≤ 40 kg
材料	AISI316 奥氏体, 非磁性不锈钢
排空速度	约 15 分钟 (可能随活塞缸大小而变)
外壳	
尺寸 (长 x 宽 x 高)	620 x 500 x 510 mm / 24.4 x 19.4 x 20.1 英寸
重量	45 kg

EC 符合性和证书

EC 符合性	
压力设备指令	97/23/EC (模块 A)
证书	
校准	标准: COFRAC 校准证书 可选: LNE/PTB 校准证书

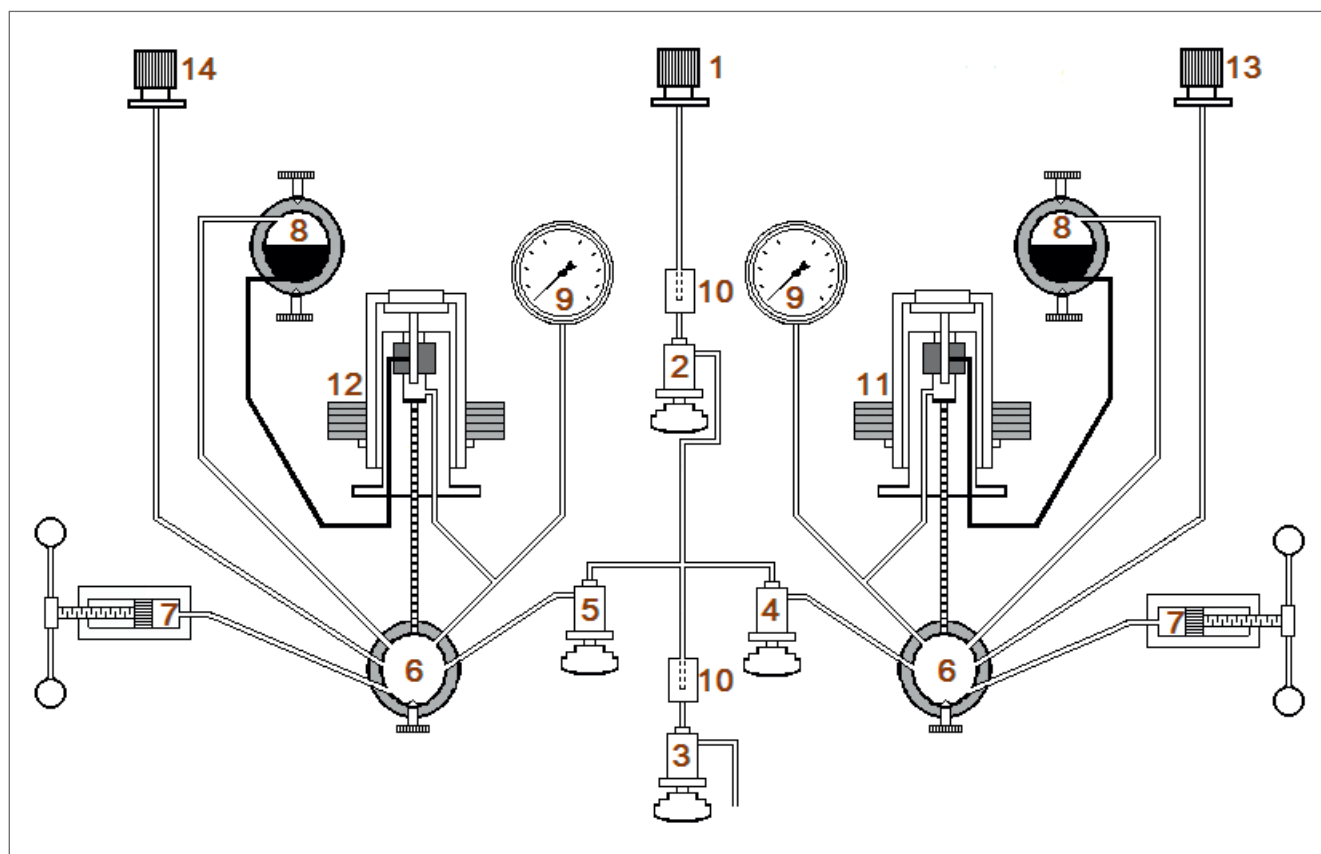
所有 Desgranges & Huot 设备都随附经过 Cofrac 认证的实验室出具的校验证书。

完整仪器运输尺寸

标准配置的完整仪器在标准版交付时, 会包含装载一个仪器的包装箱, 其尺寸和重量如下:

内装仪器和标准配件的包装箱 尺寸: 780 x 650 x 750 mm		
仪器整体 型号	重量 (kg)	
	净重	毛重
CPB6000-DP	85	106

气动回路



- 1 进气口快速连接头
- 2 进气阀
- 3 排气阀
- 4 高压隔离阀
- 5 低压隔离阀
- 6 压力歧管/池
- 7 可变容积

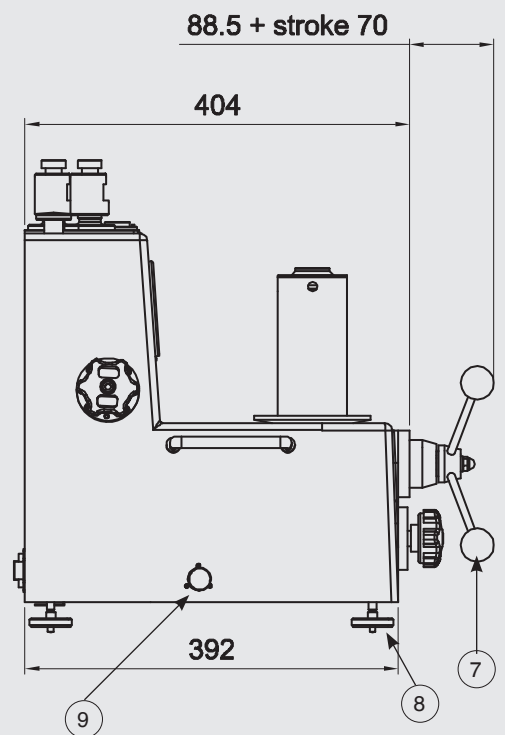
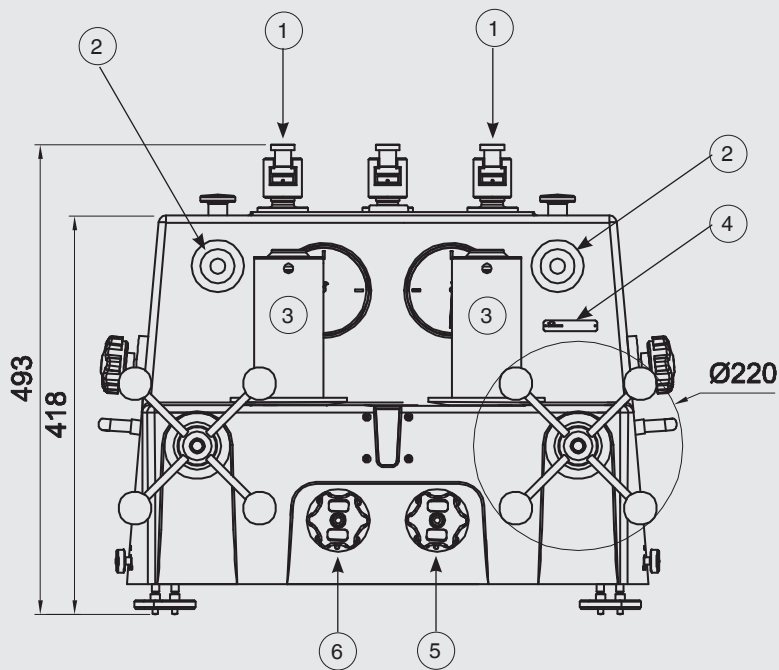
- 8 液面可视润滑油容器
- 9 压力表
- 10 过滤器
- 11 测量用活塞缸装置 (静压 P + DP)
- 12 对比用活塞缸装置 (静压 P + DP)
- 13 高压压力连接
- 14 低压压力连接

尺寸 (mm)

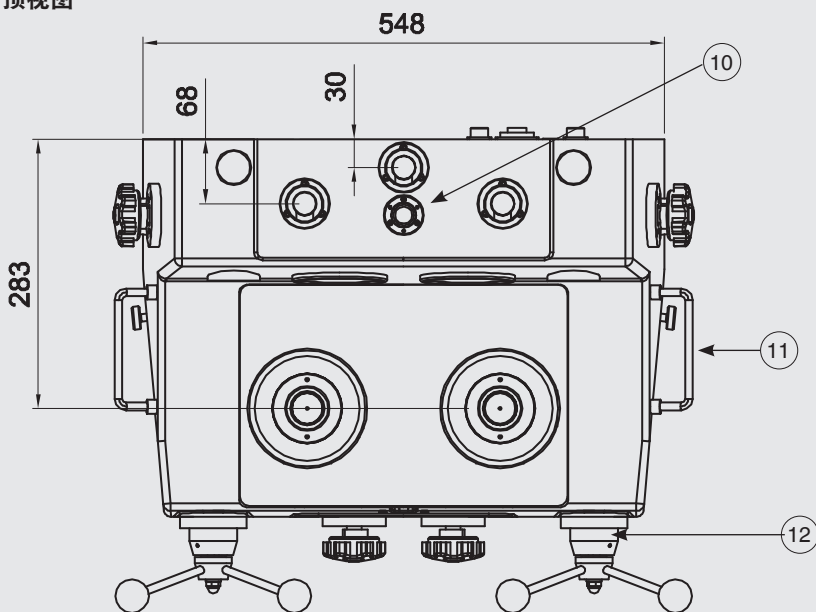
(无砝码)

前视图

侧视图



顶视图



- | | |
|---------------|------------|
| (1) 测试端连接 | (7) 星形手柄 |
| (2) 润滑油液面可视容器 | (8) 水平调整底脚 |
| (3) 活塞缸系统 | (9) 排空旋塞 |
| (4) 参考液面 | (10) 页面 |
| (5) 高压节流阀 | (11) 手提把手 |
| (6) 低压节流阀 | (12) 可变容积 |

校准技术项目中的其他压力天平

CPB6000 型基准压力天平

测量量程:

- 气动式 $\leq 100 \text{ MPa}$
- 液压式 $\leq 500 \text{ MPa}$

测量不确定度: 根据型号不同, 最低为读书的 0.002 %

有关规格, 请参见数据表 CT 32.01



CPB6000 系列基准压力天平

CPB8000 型自动压力天平

测量量程:

- 气动式 $\leq 100 \text{ MPa}$
- 液压式 $\leq 500 \text{ MPa}$

测量不确定度: 测量值的 0.005 %
最高为测量值的 0.003 % (可选)

有关规格, 请参见数据表 CT 32.03



CPB8000 型自动压力天平

CPB8000 型数字压力天平

测量量程:

- 气动式 $\leq 50 \text{ MPa}$

测量不确定度: 测量值的 0.005 %
最高为测量值的 0.002 % (可选)

有关规格, 请参见数据表 CT 32.04



CPD8000 型数字压力天平

交付产品

- 仪器基座
- 附带突出部分（加载钟罩）的活塞缸系统
- 按标准重力 (9.80665 m/s²) 制造的砝码组
- 标准 1 升 Drosera 油及 60 ml Krytox 油（需混用氧气时）
- 工具及简单维护套件
- 操作说明书（德语及英语）
- COFRAC 校准证书
- 仪器整体、砝码组和活塞缸系统存放箱

选件

- LNE/PTB 校准证书
- 各种可选压力适配器
- 气体增压器
- 远程活塞位置监控系统

订购信息

型号/仪器版本/精确度/2 件装活塞缸组件/2 件装砝码组/端子 5000/差压天平校准/其他订购信息

© 2014 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG。保留所有权利。
本文档提供的规格代表出版时的工程技术状态。
我们保留对规格和材料进行变更的权利。

WIKA 数据表 CT 32.02 · 06/2014

第 11 页 / 共 11 页

