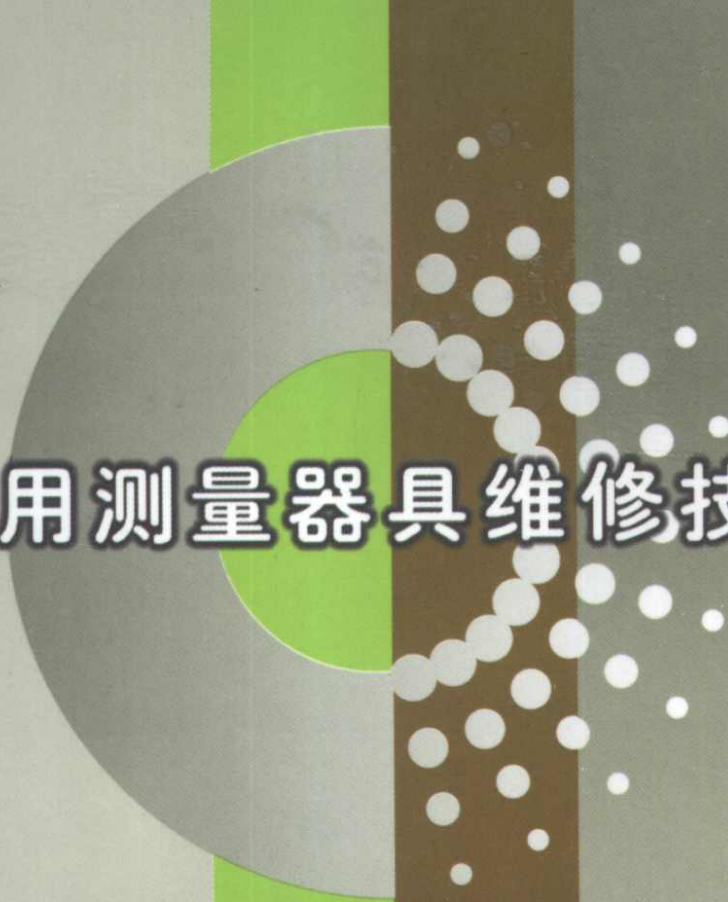




实用测量器具维修技术

压力表 使用与维修

辽宁省计量科学研究院 组编

71-1812
231

压力表使用与维修

辽宁省计量科学研究院 组编

主 编 张宝龙

副主编 李宏伟

编 著 张子剑 张文美 赵雪峰

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

压力表使用与维修/辽宁省计量科学研究院组编. —北京: 中国计量出版社, 2003. 1

(实用测量器具维修技术)

ISBN 7-5026-1687-X

I. 压… II. 辽… III. 压力仪表 IV. TH812

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 079176 号

内 容 简 介

本书介绍了各种弹性压力仪表、液体压力计及活塞式压力仪表的基本结构、测量原理及使用方法, 着重对仪器使用中出现的故障现象及其产生原因进行分析, 并介绍故障排除方法及仪器维修技术。

本书可供测量器具的管理、使用、维修及检定人员阅读参考。

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

E-mail jlfxb@263.net.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

*

850mm × 1168mm 32 开本 印张 5.5 字数 131 千字

2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

*

印数 1—5000 定价: 11.00 元

目 录

第一章 概 述

第一节 压力仪表的应用	(1)
一、压力仪表的安全防护作用/1	
二、压力仪表在医疗卫生中的作用/2	
三、压力仪表在工业生产中的作用/2	
四、压力仪表在农业生产中的作用/3	
五、压力仪表在国防建设中的作用/4	
第二节 压力概念	(4)
一、压力的定义/4	
二、压力的分类/7	
第三节 压力量和单位及换算关系	(8)
一、压力的量和单位/9	
二、压力单位换算/9	
第四节 各种压力仪表的分类	(9)
一、根据用途分类/9	
二、根据原理分类/11	
三、按准确度等级及允许基本误差分类/12	
四、按测量范围分类/13	
五、压力仪表名称与符号对照/13	

第二章 弹性压力仪表

第一节 概 述 (15)

- 一、弹性式压力仪表的基本工作原理/15
- 二、弹性式压力仪表的分类/16
- 三、弹性式压力仪表产品的其他参数/17

第二节 弹簧式压力表 (19)

- 一、工作原理/19
- 二、仪器结构/22
- 三、仪器的正确使用/27
- 四、仪器的装配、清洗与调整/32
- 五、仪器的常见故障及排除方法/38
- 修理小经验/48

第三节 膜片式压力表 (49)

- 一、工作原理与特性/49
- 二、仪器结构/50
- 三、仪器的正确使用/51
- 四、仪器的常见故障及排除方法/52

第四节 波纹管式压力表 (54)

- 一、工作原理与特性/54
- 二、仪器结构/58
- 三、调整与修理/58

第五节 电接点压力表 (60)

- 一、工作原理/60
- 二、仪器的正确使用/61
- 三、仪器的常见故障及排除方法/62

第三章 液体压力计

第一节 概述	(63)
一、液体压力计的工作介质/63	
二、液体压力的基本方程式/64	
三、液体压力计的分类/66	
第二节 U形压力计	(66)
一、仪器结构/67	
二、测量上限及准确度等级/68	
三、工作原理与压力方程式/68	
四、误差修正/71	
第三节 杯形压力计	(73)
一、仪器结构及工作原理/73	
二、计算公式/74	
三、仪器的常见故障及排除方法/76	
第四节 倾斜式微压计	(77)
一、特性及工作原理/77	
二、仪器结构/79	
三、计算公式/80	
四、仪器的常见故障及排除方法/81	
第五节 补偿微压计	(82)
一、工作原理/82	
二、仪器结构/83	
三、仪器的正确使用及计算公式/84	
四、注意事项/85	
五、仪器的常见故障及排除方法/87	
第六节 二等标准液体压力计	(89)
一、工作原理/89	

二、仪器结构/91	
三、仪器的常见故障及排除方法/95	
第七节 台式血压计	(96)
一、仪器结构和工作原理/97	
二、仪器的常见故障及排除方法/98	
第八节 液体压力计的误差及其修正/	(101)
一、毛细现象的影响/101	
二、重力加速度变化对测量结果的修正/102	
三、温度变化对测量结果的修正/103	
四、零值误差/104	
五、读数误差/104	
六、位置误差/105	
七、传压介质气柱误差/106	

第四章 活塞式压力计

第一节 概 述	(108)
一、活塞式压力计的基本结构/108	
二、活塞式压力计基本工作原理/109	
三、活塞式压力计的类型/111	
第二节 简单活塞压力计	(112)
一、特性与工作原理/112	
二、仪器结构/115	
三、误差修正/116	
四、仪器的正确使用/121	
五、活塞压力计的维修/124	
修理小经验/130	
第三节 浮球压力计	(130)

一、特性与工作原理/130	
二、主要参数/133	
三、误差的主要来源/134	
四、仪器的常见故障及排除方法/135	
修理小经验/137	
第四节 带液柱平衡活塞压力计	(137)
一、特性及工作原理/137	
二、仪器结构/139	
三、测量气柱误差的修正/140	
四、温度变化的影响/142	
五、仪器的常见故障及排除方法/142	
第五节 双活塞式压力真空计	(145)
一、仪器结构/145	
二、特性及工作原理/145	
三、仪器的正确使用/150	
四、仪器的常见故障及排除方法/150	
第六节 单活塞式压力真空计	(153)
一、仪器结构/153	
二、特性及工作原理/154	
三、仪器的正确使用/157	
四、仪器的常见故障及排除方法/158	
第七节 带承重杆加负荷的活塞式压力计	(159)
一、仪器结构及准确度等级/160	
二、受压变形后专用砝码质量的修正/164	
三、仪器的常见故障及排除方法/165	

第一章

概 述

第一节 压力仪表的应用

在工农业生产、国防建设、科学研究以及人民日常生活各个领域，凡是利用液体、气体、蒸汽等介质作为动力，进行加热、密封试验和性能试验等，都反映出有“压力”这个物理量。因此，需要使用各种能显示压力量值的仪器仪表来计量压力的大小和变化，以便保证生产、科研和人民生活的正常运行。

对于具有安全防护作用的压力表以及医疗用的血压计、眼压计、氧气吸入器属于“安全防护”、“医疗卫生”的压力仪表，按国家计量法规定，必须实行强制性检定。未按规定申请或检定不合格的仪表不得使用。可见，压力计量工作人员责任重大，在工作中必须一丝不苟。

一、压力仪表的安全防护作用

各种型号的压力容器都标有额定的压力值，如果对容器所承受的压力值缺乏检查，就可能使其受到损坏，造成生命财产的损失。例如：生产、生活用锅炉，没有若干压力表、压力变送器和水位计的监控，就很难控制锅炉内的气压和给水量，容

易发生爆炸；发电厂的高压鼓形锅炉，只要停止半分钟给水就会造成压力突增，可能会发生爆炸事故。压力仪表可反映锅炉内的真实压力值。如果压力低，不能满足生产、生活的需要；如果压力高，超过锅炉的承受能力，将使锅炉发生爆炸。因压力表失准而造成锅炉爆炸事件曾发生过多。在啤酒厂，当压力变送器失控时。就不能控制啤酒的生产，压力低时，不能满足生产要求，啤酒质量不合格，压力高时，容易引起啤酒罐爆炸。

二、压力仪表在医疗卫生中的作用

病危的患者需直接供氧，医院多数采用氧气吸入器作为供氧系统，压力值大小直接影响病人的吸氧量。人体（或动物）心脏收缩与舒张时的压力及血管承受压力的能力，根据不同年龄各有不同的额定值。如年龄大的人血管壁脆弱，血压过高而超过脑血管的受压能力使其破裂，会发生脑溢血等疾病。垂危的病人血压偏低。血压的变化，直接反映人体的健康状态。因此，医生往往借助血压计或血压表检查人体的心脏功能是否正常和血管的输血功能是否符合要求，以准确判断病情，为对症下药提供依据。

三、压力仪表在工业生产中的作用

压力是工业生产中的重要参数之一，在石油、化工、电力、原子能、冶金、轻工、食品等各类工业中均占有重要地位。压力计量是正确指导生产操作、保证生产安全、保证产品质量和实现生产过程自动化必不可少的环节。

我国人口众多、占地面积大，大小发电厂几千家，水利、火力发电都离不开压力这个参数。压力大小可控制水的流量、

控制水温、控制蒸汽量等。

压力是我国石油天然气存储量 and 有无开采价值的重要依据之一。在开采过程中，采油（气）队根据油（气）井压力参数的变化，采取相应的技术措施，以保证油（气）井的稳产高产。如利用在真空条件下，一般液体会在较低的温度下沸腾和蒸发的特点，使润滑油生产、溶剂的蒸馏、白糖和食盐的精制等在真空条件下进行，可以保证工艺过程有良好的条件，并取得优质产品。在冶金工业生产过程中各种冶炼炉的炉膛压力、烟道压力、氧气供给压力的测量和控制，不仅是生产过程所必须的，而且对于节约能源和安全生产具有重大意义。在化工生产中，氨的合成、塑料的形成、橡胶的压制等行业也需广泛使用压力表来指示和控制生产过程。

在工业生产中，有些参数如液位、流量的测量，可以通过测量压力或压差来达到目的，即测试压力或压差便可确定液位或流量。

四、压力仪表在农业生产中的作用

水是农业生产的命脉。在修堤筑堰、拦河筑坝、疏通河道等水利工程中，除考虑水利因素外，更要考虑水力因素。水力发电成本低、经济效益高，是能源开发的重要资源。但水力也有弊，因为静止与流动的水对堤堰、河岸将产生静止状态和流动状态的压力和推力。因而在堤岸的设计、施工中，既要节约投资，提高建设效益，又要考虑汛期水位增高、流量增加对堤岸的静压力和动压力都增大后的承受能力，使其安全可靠，长期造福于农业生产，否则，面临洪水泛滥将是堤溃、岸崩，造成不应有的生命财产损失。

气象天气预报是农业生产中春播、夏管、秋收的重要依据之一，大气压力则是天气预报的重要参数。如果大气压力测量

失准，可能造成天气预报的失准，这将间接影响农业生产。

五、压力仪表在国防建设中的作用

在国防建设中，压力参数的测量具有非常重要的作用。如飞机、导弹的模拟飞行试验，必须测量出它们在气流中飞行的表面压力分布；确定飞机、导弹、火箭、卫星的飞行高度及潜水艇在深水中运行时海水的阻力与海水深度；对枪膛、炮膛弹药引爆时产生的压力（对弹头的推力）和炮弹的爆炸压力（杀伤力）进行测量，并据此设计出具有高效率而又轻便的武器等。所有这些压力参数都离不开压力仪表的测试与计量。

第二节 压力概念

一、压力的定义

压力是力除以面积。

$$p = F/A = ma/A \quad (1-1)$$

式中： p ——压力；

m ——物体质量；

a ——物体运动加速度；

A ——作用面积。

压力又可以看成是单位面积、单位时间内动量的变化

$$p = mv/(A \cdot t) \quad (1-2)$$

式中： t ——物体运动时间。

1. 液体的压力

压力在液体中，可以用液柱的高度、所在地重力加速度和

液体自身的密度的变化量来表示，液柱离液面越深，密度越大，则压力就越大。

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad (1-3)$$

式中： ρ ——液体密度；

g ——当地重力加速度；

h ——液柱高度。

在压力作用下，受压物体的体积形状都要发生变化，同时增加对容器的反压力，当作用于物体上的压力消失时，物体又恢复原来的体积和形状，物体的这种性质称为弹性。平衡时外力与物体的弹力的量值相等，因此，可用物体的弹力来表示压力量值。

在压力作用下，液体的体积也发生变化，同时，把外力作用于液体表面所产生的压力分别作用于容器的器壁，如图 1-1 所示。

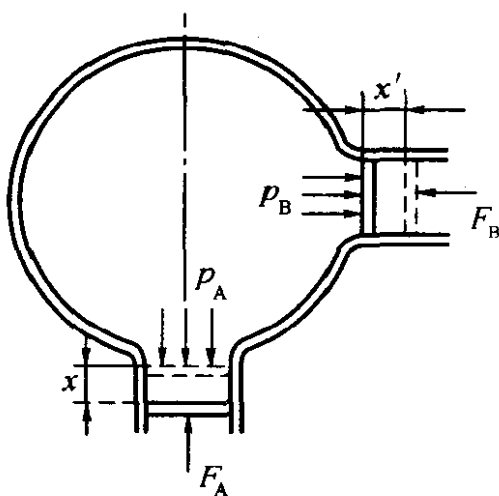


图 1-1 液体压力传递示意图

设有一定容积的密封容器装满液体，容器的侧壁装有两个面积不相同的活塞 A 和 B，有一作用力 F_A 推动活塞 A 移动的位移量为 x ，从而使容器内的液体产生压力 p_A ，此时 p_A 经液体传递到活塞 B 上，推动活塞 B 向前移动距离 x' ，从而产生的作用

力为 F_B 。根据能量守恒定律有 $F_A \cdot x = F_B \cdot x'$

因 $F_A = p_A \cdot A_A$ $F_B = p_B \cdot A_B$

故 $p_A \cdot A_A \cdot x = p_B \cdot A_B \cdot x'$

式中: A_A, A_B 为活塞 A、B 的受力面积 (m^2)。

因液体的可压缩性小(纯水为 $1/200\,000$)，若忽略不计时，则 A 活塞受力后排开液体的体积和进入 B 活塞液体的体积相等，即

$$A_A \cdot x = A_B \cdot x'$$

则

$$p_A = p_B$$

因此，当液体受压后，压力传向四面八方，其强度保持不变。

法国科学家帕斯卡 (B.Pascal 1623—1662) 在 1653 年首先认识液体压力规律，因而叫帕斯卡定律，即“当外力作用于液体表面，所产生的压力（压强），传播到液体中的任何方向，其强度保持不变”。帕斯卡定律也适用于气体，故也可叙述为“当外力作用于密闭流体所产生的压力，传播到流体的任何方向，其强度保持不变。”帕斯卡定律对液压技术的发展起了重要作用，如水压机、千斤顶、液压制动器、包装机动作器等都是根据帕斯卡定律研制成的，同时帕斯卡定律也是压力计量所依据的基本原理。

2. 气体的压力

同液体压力一样，压力垂直均匀传递到被作用的面积上。而气体受压使其体积的转变十分明显，即气体所占有的空间的压力增大，其体积将减小，而密度增大，气体的压力同样传到容器的器壁和各种限制面上。

3. 固体的压力

当外力作用于固体上时，就会因受力变形而产生应力。压力与应力是同一计量单位。力作用于固体，不像流体那样均匀

传递到每一个质点。因此，当压力作用于固体上时，固体的体积可能局部或全部变形，在超极限压力后，可能产生塑性变形，使物体的局部或全部损坏。

二、压力的分类

1. 大气压力

大气自重所产生的压力称为大气压力，亦称气压，以 p_0 表示。大气压力量值随气象情况、海拔高度和地理纬度等不同而改变。

2. 绝对压力

以压力为零作为参考点的压力值称为绝对压力，以 p_a 表示。

3. 表压力

以环境大气压力作参考点的压力称为表压力，以 p_e 表示。压力高于大气压为正表压，低于大气压为负表压。

正表压：绝对压力高于大气压力的表压力。

负表压：绝对压力低于大气压力的表压力。

4. 真空度

绝对压力小于大气压力时称之为真空度。

5. 静态压力

在所研究的压力领域中，不变压力或变化缓慢到可以不考虑其随时间变化的压力称为静态压力。

6. 动态压力

在所研究的压力领域中，随时间变化的压力称为动态压力。

各种压力之间关系

当 $p_a > p_o$ 时， $p_a = p_o + p_e$ （如图 1-2）；

当 $p_o > p_a$ 时， $p_a = p_o - p_e$ （如图 1-3）。

其中：

p_a ——绝对压力；

p_o ——大气压力；

p_e ——表压力。

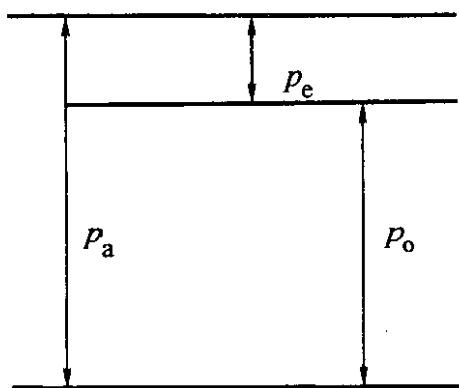


图 1-2 当 $p_a > p_o$ 时，
各压力关系示意图

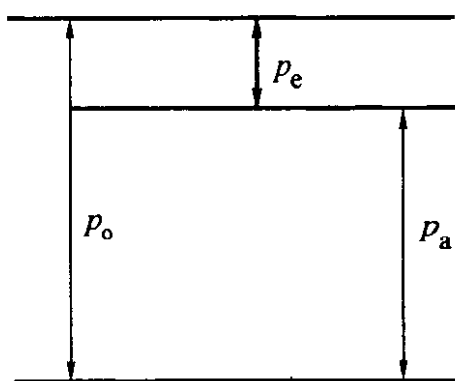


图 1-3 当 $p_o > p_a$ 时，
各压力关系示意图

完全真空是一种理想而实际不存在的状态，对任何容器内抽真空都存在微量的压力，这叫做真空度。

第三节 压力量和单位及换算关系

根据压力定义可知，压力由作用力和作用面积来决定。因此，压力是一个导出单位，为了确定压力单位，就必须找出力和面积在该单位制中的单位。

一、压力的量和单位

力学基本量是长度、质量和时间。力的单位是由基本单位米、千克和秒导出的，为使用方便，给力的单位定名为牛顿，1 牛顿 = 1 千克 · 米/平方秒，即

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

二、压力单位换算

一些其他的压力单位，如千克力每平方厘米 (kgf/cm^2)、毫米水柱 (mmH_2O)、毫米汞柱 (mmHg)、标准大气压 ($a + m$)、托 (torr)、巴 (bar) 及磅力每平方英寸 (bf/in^2) 等，虽属于非法定计量单位，但有些仪器仪表中还在使用。因此，有必要将其换算关系进行介绍，供查考，见表 1-1。

第四节 各种压力仪表的分类

为了做好压力计量的标准传递、检定和修理工作，需对压力仪表有全面的了解。下面根据压力仪器仪表的用途、作用原理、精度等级和测量范围等对各种压力仪表加以分类。

一、根据用途分类

1. 压力计

测量表压力的压力计。