

测试基础

[英] R·L·摩尔 著
胡鼎昌 夏仲平 译



机械工业出版社

“测试基础”涉及领域较广, 书内简要地概述了测量传感元件的基本原理、技术性能、特点, 以及应用范围等。书中一般不用数学式描述, 只在示例中用数学式说明之。全书共分六章: 第一章, 测量基础概述; 第二章, 压力测量; 第三章, 物位测量; 第四章, 重量测量; 第五章, 流量测量; 第六章, 温度测量。本书每章都附有各类仪表测量范围、精度、适用范围等表格, 各种类型的测量元件基本上都附有简单结构原理图。

MEASUREMENT FUNDAMENTALS

RALPH L. MOORE

测 试 基 础

〔美〕R·L·摩尔著

胡鼎昌、夏仲平译

王良楣校

机械工业出版社出版(北京市阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市通县曙光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经销

开本787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印张9 $\frac{1}{4}$ ·字数222千字

1985年 月北京第一版·1985年 月北京第一次印刷

印数 00,001~8500·定价2.40元

统一书号: 15033·6282H

前 言

中国仪器仪表学会最近组织选择了一批美国仪器仪表方面的科学技术图书,这批书是为从事仪器仪表事业的科技人员和管理干部而编写的。它简明地叙述了仪器仪表的结构、原理和应用,总结了科研、生产、实践的经验。文字通顺易懂,实用性强,是仪器仪表工程技术人员很好的参考书。

这批书有下列五种。

1. 《销售工程》〔美〕小H·N·鲁塞尔著
2. 《数字器件的原理和应用》〔美〕R·A·基伯特著
3. 《危险场所的电气安全与仪器防护》〔美〕W·卡德尔著
4. 《数字电路及报警系统》〔美〕T·G·菲塞尔著
5. 《测试基础》〔美〕R·L·摩尔著

这批书将由机械工业出版社陆续出版,我们深信这批书的出版将会受到从事仪器仪表工程的技术人员和干部的欢迎,也会促进仪器仪表工业的发展。

本书《测试基础》是由胡鼎昌、夏仲平译,王良桐校订,李敬提供协作。

由于水平所限、错误与不恰当之处在所难免,欢迎读者提出宝贵意见。

中国仪器仪表学会

一九八五年八月十二日

目 录

前 言	
第一章 测量基础概述	(1)
参考文献	(2)
第二章 压力测量	(4)
绪 论	(4)
I 机械式测压元件	(7)
II 电气式测压元件	(13)
III 真空测量元件	(19)
IV 特殊应用	(22)
参考文献	(27)
第三章 物位测量	(28)
I 液位测量	(28)
II 固体物位测量	(32)
III 特殊应用——航天物位测量	(33)
参考文献	(33)
第四章 称重测量	(35)
绪 论	(35)
I 静重测量	(35)
II 连续式皮带秤	(37)
参考文献	(38)
第五章 流量测量	(40)
绪 论	(40)
I 差压流量计	(40)
II 补偿的差压式流量计	(54)
III 容积式流量计	(59)
IV 面积式流量计	(65)
V 质量流量测量	(68)
VI 速度式流量计——速度原理	(73)
VII 低流量流量计	(85)
VIII 开槽流量计	(87)
IX 流量比测量	(90)
X 固体流量计	(91)
XI 流量计的特殊应用	(93)

Ⅱ	流量计校准系统.....	(94)
	参考文献	(97)
第六章	温度测量.....	(105)
绪	论.....	(105)
I	最简单的感温器件.....	(106)
II	连续指示温度传感器.....	(106)
III	充填式测温装置.....	(108)
V	热电偶.....	(114)
V	电阻测温法.....	(122)
VI	热敏电阻.....	(125)
VII	保护管.....	(127)
VIII	光导纤维.....	(129)
K	非接触式温度传感器.....	(131)
	参考文献	(136)

第一章 测量基础概述

人们认为,测量是从物理的和化学的系统或过程中获取各种信号,这些信号表征系统或过程的各种参数或各种变量^[1]。控制系统的性能是从不会超过与它有关的测量装置的性能。一个好例证是人,人通过感官(视觉、嗅觉、听觉、触觉、味觉)取得有关周围的信息。信息被转换成电脉冲,通过大脑的相应器官处理信息,为朝向目标确定下一步行动^[2]。这就是所谓的闭环控制。当感觉受到损伤时,效能就会变差,例如,随着视力下降,驾驶汽车的能力会减小。另一方面,如果增强人的感官,人的效能就会得到改进。所以,戴付矫正的眼镜,驾驶的能力会得到增强。测量装置的作用就是人类感官的延伸。

测量设备的输出是系统状态有关的信息。人们把信息输出与相关的某些预先限定的参考点联系分类。测量仪器的输出是与精密基准即标准相比较的输出。而标准则是人为地选择的适当基准值,并假定此值不会改变^[2]。

测量工程是一门被人们公认的学科^[3]。这门科学的第一原理是:在获得的信息量达到最大时进行有效的测量,而获得测量时就要对过程的影响量降到最小。研究应变仪是这个原理的一个好例证。

刚性的应变仪改变试样的应力场。一般,由于从过程取得能量,就改变了过程,测量是不准确的。测量的基本技术是使过程的变化减小,即把对测量的影响程度降低到不发生作用。在多数应用中都能使用这种技术,在实际应用上测量是有效的。

能量转换包括在所有的测量系统。对能量转换器件来说,传感器就是一个通用术语。水银温度表是把温度转换成等值长度的传感器。传感器分为如下类别:

(1) 无源传感器。这种传感器从单一的能量输入产生一个输出。热电偶就是这种型式传感器的一例。

(2) 有源传感器。这种传感器需要输入二个能量,得到一个输出。例如,电阻温度计,需要从所观测的量输入一个能量,而第二个电能输入到测量电桥^[3]。

测量的目的,是把过程量与一个标准或基准量相比较来得到过程量的真值。测量系统包括:比较器,基准,放大元件和传感器。适当的使用仪器和通过补偿来减小误差。实测值是由仪器取得过程量的值,没有系统误差或随机误差^[4]。以下为适用于测量装置的定义^[11]:

精确度:仪表的示值与通用的标准值或真值相一致的程度^[5]。

重复性:在相同的操作条件下,对输入相同的值,在大量连续测量的输出中间相互符合的情况。

分辨率:两个相邻离散部分间可鉴别的最小间隔^[6]。

滞后:在以每个方向经过测量程时,沿标度上升和下降用同一输入时,作为输出所获得的最大偏差^[5]。

灵敏度:输出值的变化和输入值的变化之比。

■ 方括号内的数字是表示查阅本章末参考文献的编号数。(即参考文献注数——译者)

精密性：在两个可靠的不同的位置间的中间量程越窄，精密性越高^[2]。

再现性：在相当长时期内，保持系统输出或输入的精密性的元件系统的能力^[6]。

定义精确度是一个难题。精确度和一个真实的量有关。要说明其存在，看来超越人类的能力^[8]。这样不可能得到绝对精度。可是，在象国家标准局高度控制条件下，可探讨精确度的定义。这样的“真”值是一个与国家标准局有已知关系的校准标准，不过大量的测量设备是需要重复性（不是精确度），这样进行标定时担心会较大地减小。

测量装置的应用要考虑以下四个问题^[9,10]：

1. 仪器要测量的过程特性是什么？
2. 测量怎样充分表现被测特性或条件？
3. 关于实际过程操作测量表明的是什么？
4. 仪器输出准备如何使用？

测量如何充分表示被测真值（如上所述）是受许多因素影响的。例如测量温度，问题是：过程中有没有一个可供测量的温度真正具有代表性？对不同测量点的温度，由于层温现象、死区、热点和其他条件都会引起明显的差别。最好是仔细选择最有代表性的测量点消除这些差别，可是事实上很少能达到真实的代表性。

在稳态基础上确定仪器精确度。动态性能（即测量如何随时间变化）同样具有相当重要意义。又如温度测量系统，为防止热元件不受过程流体的影响，热元件几乎总是装在保护管内，而且在干扰过程操作情况下，使之可能被抽出^[9]。保护管带来一个值得重视的时滞，因此，一个裸露在高速流体流中的热元件几秒钟就会反应温度的变化；而在保护管中和低速流体内同一热元件要几分钟才能反应温度的变化。

可以认为，过程中测量元件的输出是产品性能的时间变化值^[10]。过程输出一般有三种情况。第一是模拟表示法，按每台产品性能的时间逐点改变，得出最完整的数据说明。可是，这样详细的信息是不必要，也不方便的。第二，在这种情况下，用“简化”统计参数的平均值和标准偏差来说明大量的过程数据。第三种表示法是根据发生在输入信号的频率，称为功率密度谱^[10]。

过去仅把仪器作为生产厂的一个补充项目，而现在测量正成为一个主要因素，它可以减少而不是增加工厂的总投资^[9]。例如，在石油工业的自动监测传输系统中，人工计测已用自动混合系统所代替，对装罐要求显著降低，而且测量精确度提高。设计和安装近代测量仪器比用计量棒和人工采样技术可得到更佳可靠性，以及提高测量精确度。

选择和安装测量装置有三个因素：测量的重要性、适合应用和费用。为了选择需要和适于工厂有效操作的测量，根据这些因素进行正确的技术判断^[9]。

参 考 文 献：

1. Krigman, A., "ICON," Instruments and Control Systems, April, 1971.
2. Beaven, C.H.J. and N.G. Maroudas, "Systems Engineering in the Process Industries, No. 2, Measurement," British Chemical Engineering, April, 1966.
3. Stein, P.K., "Measurement Engineering," Instruments and Control Systems, April, 1964.
4. Born, G.J. and E.J. Durbin, "Theory of Measurement," Instruments and Control

systems, November, 1968.

5. Process Measurement and Control Terminology, SAMA Standard PMC 20-2-1970.
6. Terminology for Automatic Control, American Standard ASA C85.1-1963.
7. Kemp, R.D., "Accuracy for Engineers," Instrumentation Technology, May, 1967.
8. Merewether, E.K., "Accuracy—Instrumentation's Holy Grail," ISA Journal, January, 1965.
9. Howe, W.H., "Effective Selection of Measurements for Process Control," Process Control Handbook, Instruments Publishing Co.
10. Chope, H.R., "Instrument Dynamics for On-Line Measurements," ISA Journal, September, 1963.
11. Deutsch, W.G., "Precision, Accuracy, and Resolution," ISA Journal, August, 1965, p. 85.

第二章 压力测量

绪 论

压力被定义为流体对封闭器壁单位面积上所施加的力，这个力是由于流体的质量，分子运动对封闭器壁的碰撞。处于平衡状态的流体的静压、绝对压力不决定于取向，而决定于垂直位置。由于处于平衡状态，所以，压力是“静压”，由于与外界大气条件无关，所以，压力是“绝对的”。

测压装置是测量压力差。记住压力已被定义为对器壁的每单位面积上的作用力，也要记住每个器壁都有二侧。器壁的“另”一侧通常承受大气压力，而所测压力则为内部压力与外部压力之差。这就叫“表”压。

表2-1表示利用各种工作原理的工业用压力表最实用的压力范围。

贝哈(Behar)⁽³⁾在一份更详细的表中介绍了同样的资料，包括工业用测压装置的标称精确度。这些资料包含在表2-2内。

测量非常高的压力(5000磅/吋²以上)是不寻常的。为了安全和精确度需要特别设计装置。Kaminski⁽⁴⁾把这种仪表的原始资料列于表2-3。

表2-1 某些工业用压力表测量范围

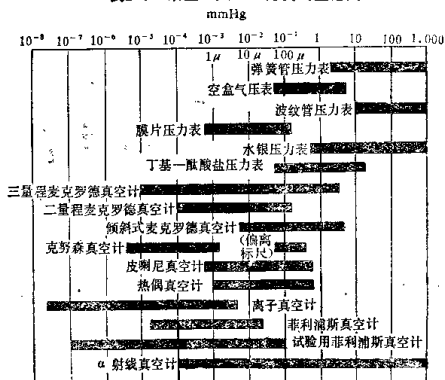


表2-2 测压仪表基本参考数据表(8)

类 别	类 型	最 佳 范 围	精 确 度
U 型管式	玻璃-水银	0.5 ~ 50"Hg	0.02%
	玻璃-水	0.5 ~ 100"H ₂ O	0.02%
	玻璃-双液	0.01 ~ 1"H ₂ O	0.5%
	浮子, 电气等	0.5 ~ 50"Hg	0.05%
	多 管	10 ~ 100"Hg	0.5%
单管式	直立-顶开口	2~100"Hg	0.02%
	压缩式压力表	真空~200psi	1%
	开闭式真空压力表	0~ 30"Hg	0.05%
	水银气量表	大 气 压	0.01%
	同上, 光电传感器	火 气 压	0.005%
	绝对压力表	0~100"Hg	0.005%
	倾斜管式	0 ~ 4"H ₂ O	0.005%
微 压 计	零点法等,	0.001~2"H ₂ O	0.05%
液柱和柱塞式	水 银	50~5000psi	
负重活塞式	净 重	~100,000psi	0.1%
	液体压力标尺	5~8000psi	0.2%
	摆 锤 式	100~8000psi	0.2%
	自动平衡式	200~1000psi	
液封球式	油 封	0.1~10"H ₂ O	1%
	水银密封	0.1~ 1.0"Hg	1%
可 倾 式	环 形 等	0.1~10"Hg	2%
弹簧管式	单弹簧管	10~3000psi	2%
	同上, 电气传递	10~ 3000psi	2%
	同上, 气动传递	10~ 3000psi	2%
	同上, "检验风压"	10~ 5000psi	0.5%
	双弹簧管	50~ 800psi	2%
	螺旋形	5~ 500psi	1.5%
	螺旋波形	10~ 1000psi	1.5%
膜片(金属)	无负载, 平板式	1 ~ 210psi	1.5%
	无负载, 波纹形	0.5~ 50psi	2%
	弹簧负载	2 ~ 210psi	1%
	同上, 应变计传递	50 ~ 1500psi	1%
	同上, 气动传递	真空~ 300psi	0.5%
薄膜式(皮革, 纤维, 塑料等)	弹簧负载	0.2~100"H ₂ O	1.5%
	同上, 电气传递	0.1~ 50"H ₂ O	1.5%
	同上, 气动传递	0.1~ 40"H ₂ O	1.5%
波 纹 管	无 负 载	1 ~ 100"H ₂ O	2%
	弹簧负载	0.5~210psi	2%
	同上, 电气传递	0.5~ 50psi	1%
	同上, 气动传递	0.1~100psi	1%
	摆锤负载	10 ~ 210"H ₂ O	2%

类 别	类 型	最 佳 范 围	精 确 度
膜盒弹簧式	无 负 载	1 ~ 50" H ₂ O	3%
	辅助弹簧负载	0.5~100psi	2%
	零 点 法	大 气 压	0.1%
	空盒气压表	大 气 压	0.2%
电 气 式	液 准 等	50~ 200psi	2%
	晶 体	100~20,000psi	2%
	电 磁 式	5~10,000psi	2%
	锰 铜 等	1000大气压以上	3%
	真 空	微米汞柱	
液 柱 式 (压缩式压力表)	试验室用麦氏真空计	0.01~ 2000	2%
	工业用麦氏真空计	0.1 ~100,000	
粘度或分子式	精确试验室型	0.0001~100	
	野外用 (军用, 研究用)	1~760,000	
	工业用	10~760,000	
辐射真空计	克努森真空计	0.0001 ~1	
	铝 叶 片	0.00001~1	
	铝 薄 片	0.1~100	
热 导 率	热 偶 式	1~ 500	
	电阻式(Pirani)	1~ 250	
	同上, 半导体式	1~1000	
	热 线 式	0.01~ 100	
电 离 式	热 离 子	0.00001~10	
	同上, 亚金基指示器	5~ 2000	
	冷式 (Philips)	0.01~ 1000	
	同上, 辉光指示器	0.1~ 1000	
	α 粒子	1~10,000	
弹性元件	不 加 载	10~100,000	

表中: "表示吋;

'表示呎;

Psi 表示磅/吋²

表2-3 高压压力表⁽⁴⁾

公 司	范 围 最大表压 磅/时	接 头	度 盘 时	元件类型	材 料	注
American Instrument Co., Inc. 8035-T Georgia Ave. Silver Spring, Md 20910 (AMINCO)	30,000 40,000 50,000 80,000 100,000	直管螺纹1/2吋 NPSL, 1/4 吋高压内螺纹	6	C 型弹簧管 (螺纹密封端)	不 锈 钢	1
Dresser Industries, Inc. Industrial Valve & Instrument Div. 250 E. Main St. Stratford, Conn. 06497 (ASHCROFT)	30,000 40,000 50,000 80,000 100,000	1/4 吋高压管	6或8	弹簧管 (316 不锈钢 元件带有放气 装置)	316 不锈钢 431 不锈钢 或K 镍铜合金	2, 4
Heise Plant-Dresser Industries, Inc. 1 Brook Rd. Newton, Conn. 06470 (HEISE)	30,000 40,000 50,000 75,000 100,000	AMINCO 45-1310, 或 AUTOCLAVE F-255-C	8 $\frac{1}{2}$, 12, 或16	多圈弹簧管 (放气嘴)	304 不锈钢 (其他任选)	2, 3, 5, 6
High Pressure Equipment Co., Inc. 1224 Linden Ave. Erie, Pa. 16505 (HIP)	30,000 50,000 80,000 100,000	HIP HF4 内螺纹	4 $\frac{1}{2}$ 或 6	弹 簧 管	403 不锈 钢, 钢	1, 3
Hildebrandt Engineering Co., Inc. 7707 Pinemont St. Houston, Texas 77040 (HECO)	30,000 40,000 50,000 80,000 100,000	1/4吋13/8吋 AMINCO, PPI, 或 AUTOCLAVE	5 $\frac{1}{4}$			7

表注:

1. 径向联接。
2. 径向或轴向联接。
3. 壁装或平装。
4. 管座装, 壁装或平装。
5. 一种型号具有6吋度盘(18吋长标尺)和0~50,000表压磅/吋²范围。
6. 0~50,000表压磅/吋²范围, 或者采用带有350度指针行程的CM型, 或者采用带有660度指针行程的CCM型, 后者对16吋度盘具有80吋标尺。
7. 316不锈钢配件是充油的, 带有膜片密封和毛细管阻尼器。

I 机械式测压元件

A 液柱式

液柱与所测压力相平衡的测压装置叫做压力计。最简单的型式由一根垂直管组成, 它插入充有液体管道的顶端。管内液体上升到液柱的重量平衡管道内压力⁽¹⁾。

a. 液体

- (1) 水。
- (2) 水银。
- (3) 密度大于水的溴化物溶液。
- (4) 密度小于水的有机液体。

b. 传感元件

1. 绝对压力表(如图2-1)

(a) U型管——一端封闭，抽成真空；开口端承受被测绝对压力。

(b) 液体——水银。

(c) 测量——绝对压力(支管液位差与密度的乘积)。

U型管压力表比单根直管压力表前进了一小步，把一根玻璃管弯成英文字母U字形，充有部分相同液体。如果所测压力连接到一根支管，另一根支管封闭，抽成真空，就可测量绝对压力。如果第二支管连接到过程另一点，就可测量差压。

必须注意到，不论两根玻璃支管的尺寸相同与否，两根支管内液体的高度差都是相同的。用这个基本原理可制造槽式或倾斜式压力表。

标准气压表是一根玻璃管压力表，上端封闭，下端插入容器内，即水银槽内。如果压力表一根支管是槽，另一根是管子。测量标尺零点就可以提供非常精确的测量方法。

2. 固定槽式气压表(如图2-2)

(a) 玻璃管倒置。

(1) 一端封闭，抽成真空。

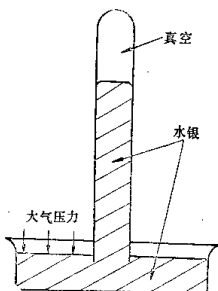


图2-2 固定槽式气压表

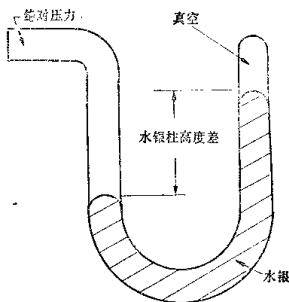


图2-1 绝对压力表

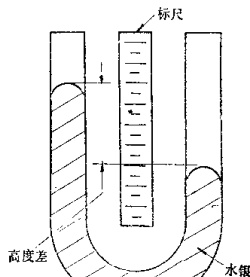


图2-3 U型管压力表

- (2) 开口端倒插入水银中,
- (b) 液体——水银。
- (c) 测量——大气压力(水银柱顶端与水银槽液面间的高度差)。

3. U型管压力表(如图2-3)

- (a) U型管——两端都是开口。
- (b) 测量——差压(用两根支管水银的高度差来测定)。

4. 槽型压力表(如图2-4)

- (a) 单管和槽——U型管压力表一根支管由槽代替。
- (b) 测量——差压(由支管和槽的水银高度差来测定)。

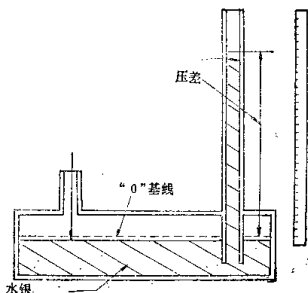


图2-4 槽型压力表

5. 倾斜式压力表

- (a) 理论上类似槽型压力表。
- (b) 单管处于倾斜位置, 可获得最大读数精确度(标尺最长)。
- (c) 测量微小压差最精确。

6. 环形平衡式压力表

- (a) 圆形管——顶部对开口, 以中心轴转动, 底部平衡。
- (b) 液体——水银。
- (c) 测量——差压(压力是由于环形管每一侧引起的不平衡而产生的差压)。

7. 液封钟罩式压力计(如图2-5)

- (a) 钟罩——承受被测压力。
- (b) 重锤和/或弹簧组件——平衡所测的力。
- (c) 密封液。
- (d) 测量——对低压和真空敏感。

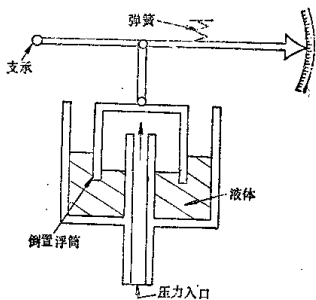


图2-5 液封钟罩式压力计

8. 钟罩式差压计

- (a) 封入另一容器的钟罩。
- (b) 弹簧和/或重锤组件。
- (c) 密封液。
- (d) 测量——差压(作用于钟罩两侧的压

9. 双钟罩式差压计

- (a) 除两个钟罩利用秤梁外, 类似钟罩式差压计。
- (b) 密封液。
- (c) 测量——差压(两个钟罩的不平衡量)。

10. 麦氏(Mcleod)压力计(如图2-6)。

(a) 化学隔离。

(b) 液体——水银。

(c) 测量管和水银储槽——测量管中用水银隔离气体，利用被压缩气体的容积表示绝对压力。

(d) 测量——绝对压力。

麦氏(Mcleod)压力计是一种液柱式压力计。用来测量真空。这种压力计是通过把已知大量的气体压缩到非常微小的已知容积内，用肉眼观测低压，然后用压力表测量被压缩气体的压力，并用波义耳定律关系式把测量结果转换成真空。所以，不适用于蒸气。另外，使用不方便，不能连续读数。

尽管有这些不足，麦氏压力计仍被作为压力的基础标准〔2〕。

B 弹性元件

弹簧管式或压力弹簧式压力计具有最广泛的用途。这种压力计于1850年发明后，经过十年发展成目前的形式。尤金·巴登是最早发明家之一，他为这种产品建立了一个大型制造厂，这种C型弹簧元件就是以他的名字命名的〔7〕。

1. 弹簧管式(如图2-7)

(1) 测量原理——弹簧管自由端的位置相对于内部作用的压力而改变。

(2) 型式

(a) C型

(b) 盘旋型

(c) 螺旋型

(3) 弹簧管材料

(a) 应变硬化合金

(b) 沉淀硬化合金

(c) 热处理合金

弹簧管元件是一根横断面呈扁平的管，弯成C型、盘旋型或螺旋型。当这些元件承受压力时，趋向于拉直，顶端的移动用来转动指针，或起动控制器或变送器的机构。使用这种类型的弹簧管首先取决于安装仪器的可利用的空间。只要具有足够的管长，一种型号就可测量别的所能测量的。一般说来C型弹簧管不易弯曲，敏感差，而盘旋管最敏感。所有这些元件，对C型弹簧管来说，在30吋汞柱真空至100,000表压(磅/吋²)范围内有效量程小至12磅/吋²。而盘旋管至40,000表压(磅/吋²)，有效量程小至12磅/吋²。精确度都为量程的 $\pm 1/2\%$ 至 $\pm 1\%$ 。也就是说，被标定的弹簧管测量200至500表压(磅/吋²)之间的压力时，可以期望在表示400表压(磅/吋²)时的精确度为 ± 1.5 磅/吋²，即300磅/吋²压力间

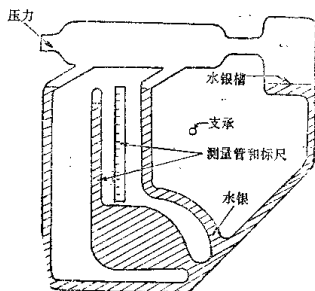


图2-6 麦氏压力计

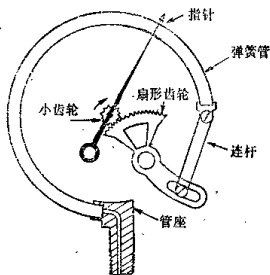


图2-7 带有传动杠杆(连杆—小齿轮—扇形齿轮)放大机构的C型弹簧管压力表

隔的 $1/2\%$ 。标定0到500的元件用 $\pm 2\frac{1}{2}$ 磅/时²表示真实压力。常用结构材料是黄铜,磷青铜,钢和304、316不锈钢⁽⁸⁾。波纹管元件可适于绝对压力表、差压或真空测量的压力表结构中采用。波纹管元件比弹簧管元件更灵敏,因此,用于从0 psia[⊖]到约30 psig[⊕]相当低的压力范围。量程可高达5吋水柱。精确度大约与弹簧管相同: 标定量程的 $\pm 1/2\%$ 至 $\pm 1\%$ ⁽⁸⁾。

2. 波纹管式

(1) 材料——视工作的腐蚀条件而定。

- (a) 黄铜。
- (b) 铍铜。
- (c) 磷青铜。
- (d) 不锈钢。
- (e) 蒙乃尔合金。

(2) 特性

- (a) 开口端面。
- (b) 端面——活动的, 固定的。
- (c) 最大行程和压力。
- (d) 超限、下限保护装置(如图2-8)。
- (e) 反作用力和非反作用力(弹簧加载)波纹管(如图2-9)。

(3) 应用

- (a) 绝对压力计。
- (b) 差压计。

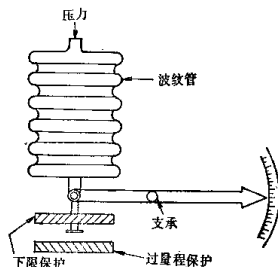


图2-8 带有下限、超限保护装置的波纹管压力表

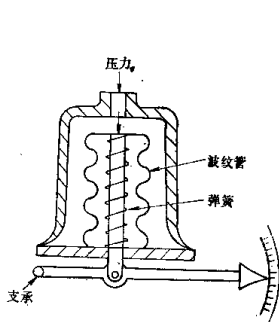


图2-9 弹簧加载波纹管压力计

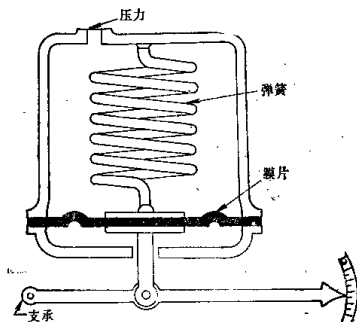


图2-10 膜片压力计

波纹管压力表被制成各种形式。压力一般施加于波纹管一侧, 在另一侧用弹簧与波纹管移动相对抗。这种部件的测压范围由波纹管的有效面积和弹簧弹性来决定。常用磷青铜或黄铜

⊖ 表示每平方英寸绝对压力。
⊕ 等于1磅/英寸²的表压。(译者注)

制造波纹管。一对匹配的波纹管可用来测量：(a) 绝对压力；(b) 差压⁽³⁾。

3. 膜片

(1) 用途——低压测量。

(2) 类型。

(a) 金属

(1) 结构(如图2-10)。

a) 膜盒型。

b) 壳型。

(2) 材料

a) 磷青铜。

b) 铍铜。

c) 喇叭铜。

d) 不锈钢。

e) 蒙乃尔合金。

(3) 特性

a) 偏移——与压力呈线性关系。

1) 薄壳直径。

2) 金属厚度。

3) 波纹数，

4) 施加压力。

5) 波纹形状。

6) 弹性。

b) 灵敏度

1) 波纹数。

2) 膜片深度。

3) 膜片成形角度。

(4) 应用

a) 低压和低真空测量。

b) 绝对压力计和差压计

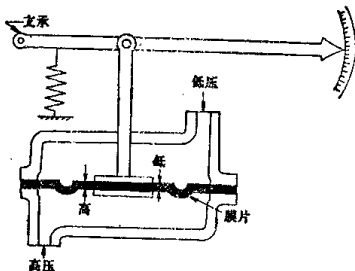


图2-11 膜片差压计

(如图2-11)。

膜片是挠性薄板。膜片可以是平的，得到非常有限的移动，或者是波纹的，得到响应较大，但不很稳定。膜片移动受膜片本身弹性反作用，或受恢复弹簧的反作用。由于膜片移动量有限，所以一般输出机构要供给大的放大因数。膜片材料可以是金属，也可以是非金属⁽³⁾。人们都知道非金属膜片在使用中读数有漂移。

一种专用型的松弛膜片用于测量非常低的、接近大气压力的压力计。膜片不吸收能量，因此，它的阻力与恢复弹簧的阻力相比可忽略不计。由于弹性比率是线性的，所以得到线性压力测量。

(b) 非金属

(1) 用途——低压和真空测量。