



仪器仪表工人 技术培训教材

压力仪表装校工艺学

机械工业部仪器仪表工业局 统编

2.06

机械工业出版社

本书是为仪器仪表机械装校类的教学需要而编写的。

本书内容有：压力仪表装校的基本知识、弹性元件的性能和测试、典型部件、典型产品的装配与校验、装校要点及注意事项。可作为仪器仪表行业机械装校类工人的技术培训教材。

本书由西安仪表厂主编，由汪步云、常汝楨同志参加编写，陈国忠、王善鼎、许亚俊、王俊儒、蔡洪集同志参加审稿。

压力仪表装校工艺学

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $7^{1/4}$ ·插1·字数155千字
1986年3月北京第一版·1986年3月北京第一次印刷
印数 0,001—5,200·定价1.45元

统一书号15033·6164

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全国家仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学而致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持。

IV

持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局

工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年十二月

目 录

第一章 概述	1
1-1 压力表的基本知识	1
一、压力的定义与单位	1
二、压力仪表类型的划分	6
三、压力仪表的发展方向	8
1-2 误差理论的基本知识	9
一、误差及其表示方式	10
二、误差的分类	14
三、压力仪表常用的质量指标	16
四、误差产生的原因	18
1-3 压力基准的传递及压力仪表遵循的标准	20
一、压力基准的传递	20
二、压力表所遵循的标准	21
1-4 装校工艺基本知识	23
一、装校工作的意义	23
二、装校的工艺过程	24
三、装校工作的组织形式	25
四、装校过程中的工艺文件	26
五、装校车间的工艺特点	28
复习题	31
第二章 常用弹性元件的性能和测试	32
2-1 弹簧管	36
一、弹簧管的种类	38
二、弹簧管的工作性能和各主要参数之间的关系	39
三、弹簧管的制造工艺过程	42
四、弹簧管的测试	47

2-2 膜片与膜盒	51
一、膜片与膜盒的种类及应用	51
二、影响膜片、膜盒工作性能的因素	57
三、膜片与膜盒的制造	60
四、膜片与膜盒的性能检测	66
2-3 波纹管	70
一、波纹管的种类及应用	70
二、影响波纹管工作性能的因素	73
三、波纹管的制造	78
四、波纹管的性能测试	80
复习题	82
第三章 典型部件的装校	84
3-1 传动机构的装校	85
一、齿轮机构	85
二、拨杆机构	95
三、正切和正弦机构	97
3-2 活塞部件的装校	99
一、研磨	99
二、活塞部件的校验	106
3-3 阀部件	109
一、作用和要求	109
二、阀的结构及其密封形式	110
三、在压力仪表中的应用	112
3-4 电接点装置	113
一、技术要求	114
二、应用和装校	115
3-5 远传发送器	118
一、电位器式远传发送器	118
二、差动变压器式远传发送器	124
三、其它形式的远传发送器	130

复习题	134
第四章 典型产品的装校	135
4-1 精密压力表的装校	135
一、用途、结构及作用原理	135
二、精密压力表的技术要求	135
三、装配与校验	138
4-2 活塞式压力计装校	150
一、用途、分类和结构原理	150
二、活塞式压力计的基本参数和技术要求	151
三、活塞式压力计的装配及各项技术指标的校验	158
4-3 矩形膜盒压力指示仪和指示调节仪的装校	176
一、用途、结构及作用原理	176
二、矩形膜盒压力指示仪和指示调节仪的技术要求	180
三、装配与校验	182
4-4 远传压力表的装校	184
一、电位器式远传压力表的装校	184
二、YTT-150型差动变压器式远传压力表的装校	188
三、装配与校验	197
4-5 耐腐蚀和耐高温压力表的装校	197
一、结构及作用原理	198
二、常用隔离液和感压元件的材料	200
三、耐腐蚀、耐高温压力表的装校	201
4-6 耐振压力表的装校	205
一、用途	205
二、耐振压力表的结构及作用原理	205
三、阻尼器的作用原理	205
四、液体的粘度	209
五、仪表装校技术要求和性能试验	211
六、装配与校验	212
4-7 防爆压力表的装校	212

VIII

一、爆炸性混合物的分级和分组	212
二、防爆类型	213
三、隔爆型压力表结构	215
四、隔爆型压力表的装校要求	215
五、装配与校验	217
六、隔爆型仪表的防爆性能试验	218
复习题	219

第一章 概 述

1-1 压力表的基本知识

在工农业生产、国防建设以及科学技术研究领域内,凡是利用液体、气体或蒸汽等介质作为动力、燃烧体、传递力等,都会遇到压力这一参数的测量问题。在生产和科研工作中,需要采用各种能测量压力量值的仪器仪表来观测压力的有无、大小和变化。因此压力仪表的应用也越来越广,种类越来越多,产品结构在各种条件下的适用性也逐渐完善,已成为观察、测量、计算、记录和控制生产工艺流程的主要工具之一。

压力、温度和流量是生产过程中需要检测和控制三大主要参数。而压力参数的测量是发展最早,应用最广的一种。它与国民经济各部门有着密切的联系。例如农业生产中的抽水灌溉;工业生产中的锻压和轧制钢材的各种水压机、液压机、轧滚机、发电厂的锅炉、水泵蒸汽管道;石油化工工业中的各种物理、化学反应等都有压力的测量和控制;在国防和科学研究工作中,压力的测量和控制显示出越来越重要的地位,特别是在超高压作用下,研究各种材料晶格变化所引起的物质性能改变而生产出各种新型高强度材料(如石墨晶体在高温高压作用下发生相变而形成人造金刚石)等。

一、压力的定义与单位

1. 压力及压力测量仪表 压力测量仪表所检测的压力,实际上是物理概念中的压强,即垂直作用在单位面积上的力。

被测介质作用在容器单位面积上的全部压力称为绝对压力，用符号 p_a 表示。用来测量绝对压力的仪表称为绝对压力表。

地面上空气柱所产生的平均压力值称为大气压，用符号 p_s 表示。大气压随地理纬度、海拔高度和气象情况而变化。用来测量大气压力的仪表称为气压表。

通常，将压力测量仪表的测得的压力值称为表压力，用符号 p_b 表示。其值等于绝对压力值与大气压力值之差，即

$$p_b = p_a - p_s \quad (1-1)$$

当绝对压力值小于大气压力值时，表压力为负值，此时的绝对值称为真空度，用符号 p_v 表示

$$p_v = p_s - p_a \quad (\text{当 } p_a > p_s \text{ 时}) \quad (1-2)$$

用来测量真空度的仪表称为真空表，或称负压表。既能测量压力值又能测量真空度的仪表称为压力真空表。

绝对压力、大气压力与表压力、真空度之间的关系如图1-1所示。

压力测量仪表除了能就地检测、指示被测压力值或真空度外，若增设附加装置（如记录机构，控制部件等）或利用测量元件本身的固有物理特性（如电阻应变、霍尔效应、电压效应等），可将被测压力值进行记录，或转换成供远传的电信号输出，由此而制成了压力记录仪、远传压力表、压力控制器和各种压力传感器。

2. 压力的度量单位 压力的大小与作用力和受力面积有关，因此压力的度量单位是导出单位，在不同的单位制中可以导出不同的度量单位。

（1）国际单位制（SI） 在国际单位制中，长度的基本

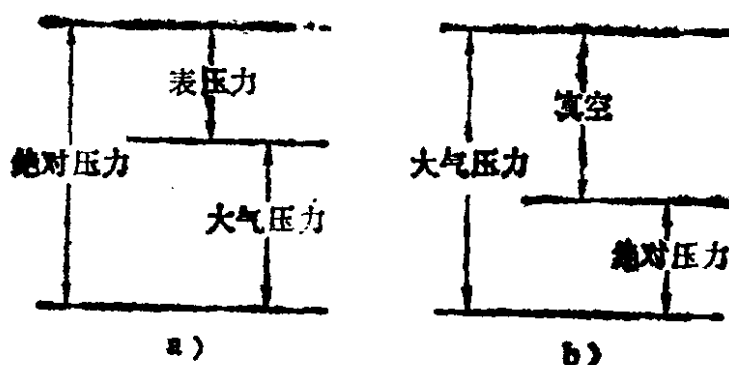


图 1-1 绝对压力、大气压力与表压力、真空度之间的关系示意图

a) 绝对压力、大气压力与表压力的关系

b) 绝对压力、大气压力与真空度的关系

单位是米 (m)，质量的单位是千克 (kg)，时间的基本单位是秒 (s)。力、压力是具有专门名称的国际制导出单位。

力的国际制导出单位是牛顿，简称牛，用符号N表示，用国际制基本单位来表示为千克·米/秒² (kg·m/s²)

压力（压强）的国际制导出单位是帕斯卡，简称帕，用符号Pa表示。它与其它的国际单位制的关系为：

$$1\text{帕 (Pa)} = 1\text{牛顿 (N)} / 1\text{平方米 (m}^2\text{)}$$

表示1牛顿的力垂直作用在1平方米面积上所产生的压力是1帕斯卡。压力的度量单位帕斯卡用国际制基本单位表示，为千克/米·秒² (kg/m·s²)。根据国际单位制的使用方法，在选用国际制单位的倍数单位或分数单位时，一般应使数值处于0.1~1000之间，压力的度量单位常选用兆帕 (MPa) 或吉帕 (GPa) 作为倍数单位。

$$1\text{MPa} = 1 \times 10^6 \text{Pa}$$

$$1\text{GPa} = 1 \times 10^9 \text{Pa}$$

(2)常用的压力度量单位 目前我国在压力测量仪表的生产和使用中通常采用的压力度量单位有：

表 1-1 压力各度量

纵座标	横座标	帕(牛顿/米 ²) Pa(N/m ²)	巴 bar	毫巴 mbar	毫米水柱 ^① mmH ₂ O
1	帕(牛顿/米 ²) Pa(N/m ²)	1	1×10 ⁵	1×10 ⁻²	0.1019716
1	巴 bar	1×10 ⁵	1	1×10 ³	1.019716 ×10 ⁴
1	毫巴 mbar	1×10 ²	1×10 ⁻³	1	10.19716
1	毫米水柱 ^① mmH ₂ O	9.80665	0.980665 ×10 ⁻⁴	0.098665	1
1	毫米水柱 ^② mmH ₂ O	9.806375	0.9806375 ×10 ⁻⁴	0.0986375	0.999972
1	标准大气压 atm	1.01325×10 ⁵	1.01325	1.01325×10 ³	1.033227 ×10 ⁴
1	工程大气压 kgf/cm ²	0.980665 ×10 ⁵	0.980665	0.980665 ×10 ³	10 ⁴
1	米汞柱 mHg	1.333224 ×10 ⁵	1.333224	1.333224 ×10 ³	1.35951×10 ⁴
1	毫米汞柱 mmHg	1.333224 ×10 ²	1.33324 ×10 ⁻²	1.333224	13.5951
1	磅力/英寸 ² lbf/in ²	0.689476 ×10 ⁴	0.0689496	0.689476 ×10 ²	0.70307×10 ³

① 毫米水柱是指水的密度以4°C为标准，其值为1克/厘米³(理讨值)
表中，除帕、巴、毫巴以外，均规定重力加速度是以北纬45°的海平面为标准，其值为9,80665米/秒²。

单位间的换算关系

毫米水柱 ^② mmH ₂ O	标准大气压 atm	工程大气压 kgf/cm ²	米 汞 柱 mHg	毫米汞柱 mmHg	磅力/英寸 ² lbf/in ²
0.10197446	0.9869236 × 10 ⁻⁵	1.019716 × 10 ⁻⁵	0.75006 × 10 ⁻⁵	0.75006 × 10 ⁻²	1.45038 × 10 ⁻⁴
1.0197446 × 10 ⁴	0.986923	1.019716	0.75006	0.75006 × 10 ³	14.5038
10.197446	0.986923 × 10 ⁻³	1.019716 × 10 ⁻³	0.75006 × 10 ⁻³	0.75006	1.45038 × 10 ²
1.000028	0.9678 × 10 ⁻⁴	1 × 10 ⁻⁵	0.73556 × 10 ⁻⁴	0.073556	1.4223 × 10 ⁻³
1	0.967773 × 10 ⁻⁴	0.999972 × 10 ⁻⁵	0.73554 × 10 ⁻⁴	0.073554	1.42226 × 10 ⁻³
1.0332276 × 10 ⁴	1	1.03322	0.76	760	14.6959
1.000028 × 10 ⁴	0.9678	1	0.73556	735.56	14.223
1.359548 × 10 ⁴	1.31579	1.35951	1	1 × 10 ³	19.368
13.59548	1.31579 × 10 ⁻³	1.35951 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
0.7030897 × 10 ³	0.06805	0.070307	0.501715 × 10 ⁻¹	0.51715 × 10 ²	1

时的数值。

② 毫米水柱是指水的密度以4℃为标准，其值为0.99972克/厘米³ (实际值)时的数值。

1)工程大气压 一个工程大气压表示1千克重力垂直作用在1平方厘米面积上所产生的压力,用符号 kgf/cm^2 表示。

$$1\text{工程大气压} = 1\text{千克力/1厘米}^2$$

2)毫米汞柱(又简称托) 1毫米汞柱表示在重力加速度为 9.80665米/秒^2 ,汞的密度以零摄氏度为标准,其值为 13.5951克/厘米^3 时,1毫米汞柱所产生的压强,用符号 mm-Hg 表示。

3)毫米水柱 1毫米水柱表示在重力加速度为 9.80665米/秒^2 ,水的密度以4摄氏度为标准,其值为 1克/厘米^3 时,1毫米水柱所产生的压强,用符号 mmH_2O 表示。

根据我国计量管理条例,规定我国的基本计量制度是米制(即公制),并在近期间内逐步采用国际单位制。因此目前常用的度量单位将逐步由国际单位帕斯卡所代替。

在气象上,目前常用毫巴作为气压的度量单位,用符号 mbar 表示。

$$1\text{毫巴} = 10^3\text{达因/厘米}^2 \quad (1\text{达因} = 10^{-5}\text{牛顿})$$

压力各度量单位间的换算关系见表1-1。

二、压力仪表类型的划分

压力仪表的类型一般按以下几种方法划分。

1. 按仪表的工作原理分

(1)液柱式压力计 利用液柱产生的静力和被测压力相平衡的原理来测量压力的压力计。它具有结构简单、制造容易、精度较高的特点,常用来计量或直接测量较小压力(由几毫米水柱 $\sim 3\text{千克力/厘米}^2$ ⊖)或真空度。液柱式压力计有下列几种:

⊖ $1\text{千克力/厘米}^2 = 0.0980665\text{兆帕}$ 。下同。

- 1) U型管压力计;
- 2) 杯型压力计, 又叫单管液柱式压力计;
- 3) 补偿式微压计;
- 4) 倾斜式压力计。

(2) 活塞式压力计 是根据传压介质的静力平衡的原理来测量压力的压力计。它具有精度高(可达0.02%)、测量范围广(可从 $-1 \sim 10000$ 千克力/厘米², 甚至更高)的特点, 可作为压力标准计量仪器, 常用于检定低一级的活塞式压力计或检验精密压力表。活塞式压力计有下列几种:

- 1) 单活塞式压力计;
- 2) 双活塞式压力计;
- 3) 浮球式压力计。

(3) 弹性式压力计 利用弹性敏感元件, 在被测介质的压力作用下, 产生相应的位移来测量压力的压力计。它是一种应用很广的压力仪表。

弹性敏感元件主要有弹簧管、膜片、膜盒、波纹管及板簧等。在被测介质的压力作用下产生相应的位移, 此位移经传动放大机构(如曲柄连杆机构、拨杆机构、正切机构等)将被测压力值(或真空度)在刻度盘上指示出来。若增设记录机构, 则还可制成压力记录仪(如圆图压力记录仪、长图压力记录仪等)以进行记录; 若增设电气变换装置、控制元件等则可进行远传(如电阻远传压力表、电感远传压力表、光电编码远传压力表等)或控制报警(如电接点压力表、压力控制器、压力信号器等); 若采取特殊措施, 还可以用于特殊条件下(如抗振、耐腐、防爆等)的压力测量。

(4) 电测原理式压力计 把被测压力信号转换成电量信号, 然后再测量与压力相对应的电量值。这种压力计一般

由压力传感器、测量电路、显示或记录仪表及辅助电源组成。它可分为：

- 1) 机电式压力计,如远传压力表、控制报警式压力表。它们的电量信号转换元件有电位器式,霍尔式、电感式等;
- 2) 固体式压力计,如应变式、压阻式、压电式、电容式、振弦式等。

2. 按显式方式分

有模拟显示和数字显示两种。

3. 按测量压力的种类分

有压力表、真空表(或叫负压表、吸力计)、压力真空表(或叫吸力压力计)。绝对压力表、气压表、差压表等。

4. 按仪表的精度等级分(有0.02、0.05、0.25、0.4、1、1.5、2.5、4级)。

在压力仪表分类中通常将耐震、耐腐蚀、防爆、耐高温压力表称为特殊用途的压力表。

三、压力仪表的发展方向

随着大工业流程的发展,对压力仪表在质量和品种上都提出了更高的要求。其发展方向主要有以下几个方面。

(1)压力仪表的测量范围向高、低两极发展。例如压力加工需要16000~25000千克力/厘米²的超高压。石油化工、电站锅炉的炉膛负压则需要3毫米水柱的微压。

(2)在使用条件上对压力仪表提高耐高温、耐震、防腐蚀等性能的要求日益具增。如高压聚乙烯合成、塑料挤压、橡胶合成、天然气脱硫以及氢化松香的生产等都需要在300℃高温的条件下测量压力。化肥工业则需要测量各种强腐蚀介质的压力,如硫酸、硝酸、盐酸、氯气等。在石油化工生产

流程中又要求在易爆场所对压力进行测量。

(3)将压力参数转换成电量信号,以便于远传和集中控制,并可将电量信号引入电子计算机。

现代化的大中型企业都采用集中管理和控制,以保证工艺流程的正常进行,单纯的现场指示和基地式调节已不能满足需要。这就需把电子技术和其它的测量技术运用到测压领域中,使压力仪表由单纯的机械结构变成多种技术的综合。于是压力仪表便从弹簧管、膜片、膜盒、波纹管等弹性式压力计发展到电位器式、电容式、电感式、应变式、霍尔式、压电式、振频式、压磁式及压阻式的压力传感器,使压力仪表朝着新的方向发展。

1-2 误差理论的基本知识

科学实验和生产实践证明,任何测量都含有误差。在压力仪表的调校中也是如此。由于生产手段和实验设备、操作方法的不完善,周围环境不理想,生产和实验人员的技术水平不一等等,都会造成与真实结果之间的差异。

当我们做一项精度较高的测量或检定时,常常发现对某数值多次测得的结果不完全相同;不同的仪器测得的结果也不完全相同;这个人和那个人测得的结果又不完全相同等等。这就说明了误差存在的普遍性和必然性。测量结果与真实值之间的差异即为所存在的误差。它们之间的关系为

$$\text{误差} = \text{测量值} - \text{真实值}$$

研究误差的目的并非使误差趋向于零或小到不能再小的程度,这在实际工作中往往是难以办到的。我们的目的在于用最经济的手段、最少的劳动代价,生产出符合要求的产品和满足科学实验要求的数据,因而需要: