

# 压力仪表

# 200问

甘大方/编著

12-44  
5

中国计量出版社

责任编辑 刘宝兰 / 封面设计 任 红

ISBN 7-5026-1712-4



9 787502 617127 > ISBN 7-5026-1712-4/TH · 54 定价: 12.00 元



# 压力仪表 200 问

甘大方 编著

中国计量出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

压力仪表 200 问/甘大方编著. —北京:中国计量出版社,  
2003.1

ISBN 7-5026-1712-4

I. 压… II. 甘… III. 压力仪表—问答 IV. TH812-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 091766 号

## 内 容 提 要

本书采取“问”与“答”的形式介绍了压力和压力计量单位,一般压力表的常识,压力表的主要元件及特性,特殊压力表的结构和用途,压力表的检定和维修常识。

本书可供压力仪表的计量、检修人员学习阅读,也适用于压力仪表的生产制造、销售、采购、使用人员参考。

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 jlbxb@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

\*

850 mm × 1168 mm 32 开本 印张 4.75 字数 92 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

\*

印数 1-5000 定价: 12.00 元

# 前 言

笔者自 1983 年来到压力仪表生产厂工作至今已有 19 年了。社会在前进, 19 年来, 我国压力表行业发生了非常大的变化, 压力表的品种由原来较单一的一般压力表向多品种、多用途、新材料、新工艺方向发展, 以适应生产和科研的需要。

由于工作的原因, 接触过不少压力仪表的使用者。有的人对压力表的新品种、新结构及所采用的新材料不甚了解, 以至在仪表的选型、选材及使用、检测和维修中出现了一些不该发生的问题。

本书采用广大读者欢迎的学习方法。即“问”与“答”的方式对压力仪表的基础知识和相关知识作较全面、系统的介绍。力求做到简明易懂, 方便实用, 准确地回答读者工作中可能遇到的各种问题, 以供广大压力仪表的计量、检修人员阅读, 也可作为压力仪表生产厂工人的上岗培训教材。

本书对压力仪表的销售、采购、使用人员也有一定的参考价值。

由于笔者学识有限, 加上编写经验不足, 书中缺点在所难免, 诚恳地希望读者及有关专家给予批评指正。

编 者

2002.12.20

# 目 录

## 一、压力和压力单位

1. 什么是压力? .....	(1)
2. 什么是大气压力? .....	(1)
3. 什么是绝对压力? .....	(1)
4. 什么是表压? .....	(2)
5. 什么是正压? .....	(2)
6. 什么是负压(真空)? .....	(2)
7. 什么是真空度? .....	(2)
8. 什么是差压? .....	(2)
9. 负压和真空度的区别是什么? .....	(2)
10. 绝对压力、大气压力、表压(正压、负压、差压) 之间的关系是什么? .....	(3)
11. 被测压力的特征有哪些? .....	(3)
12. 什么叫静(定)压力? .....	(4)
13. 什么叫(变)动压力? .....	(4)
14. 什么叫脉动压力? .....	(4)
15. 什么是压力计量单位? .....	(4)
16. 什么是法定计量单位? .....	(4)
17. 我国法定计量单位包括哪些内容? .....	(4)
18. 我国法定压力计量单位是什么? .....	(5)

## 压力仪表 200 问

19. 其他压力计量单位有哪些? ..... (6)
20. 常用压力单位如何换算? ..... (9)

## 二、压力表常识

21. 什么是压力表? ..... (10)
22. 什么是真空表? ..... (10)
23. 什么是压力真空表? ..... (10)
24. 什么是绝压表? ..... (10)
25. 什么是差压表? ..... (11)
26. 什么是一般压力表? ..... (11)
27. 什么是精密压力表? ..... (12)
28. 什么叫压力计量? ..... (12)
29. 压力仪表有什么用途? ..... (12)
30. 一般压力表有什么优点? ..... (12)
31. 一般压力表由哪些主要零部件组成? ..... (13)
32. 一般压力表的工作原理是什么? ..... (14)
33. 一般压力表的外壳公称直径有哪几种? ..... (14)
34. 一般压力表的测量范围有多少种? ..... (14)
35. 一般压力表的安装方式有几种? ..... (15)
36. 什么叫压力表的精度等级? ..... (15)
37. 压力表有哪些精度等级? ..... (16)
38. 怎样选择压力表的测量上限? ..... (17)
39. 怎样选择一般压力表的精度? ..... (18)
40. 各种压力表的生产制造标准名称及代号是什么? ..... (19)
41. 压力表的分类方法有哪些? ..... (19)
42. 压力表的型号是怎样规定的? ..... (20)
43. 全国主要压力表生产厂有哪些? ..... (21)

44. 压力表在采购和订货中应注意什么? ..... (25)

### 三、压力元件

45. 什么是弹性敏感元件? ..... (27)
46. 弹性敏感元件的特性有哪些? ..... (27)
47. 什么是弹性元件的弹性特性? ..... (27)
48. 什么是弹性元件的刚度和灵敏度? ..... (28)
49. 什么是弹性元件的温度影响? ..... (29)
50. 压力表常用弹性敏感元件有哪几种? ..... (30)
51. 压力表对弹簧管有什么要求? ..... (30)
52. 对弹簧管用的材料有什么要求? ..... (30)
53. 弹簧管的形状及主要参数有哪些? ..... (32)
54. 弹簧管的参数对管端位移有什么影响? ..... (32)
55. 弹簧管的管端位移量( $W$ )的计算公式是什么?  
..... (33)
56. 弹簧管的制造工艺过程有哪些? ..... (36)
57. 什么叫弹簧管的比例极限? ..... (37)
58. 什么叫弹性后效? ..... (38)
59. 什么叫弹性滞后? ..... (39)
60. 弹性后效和弹性滞后的区别是什么? ..... (39)
61. 什么叫迟滞误差? ..... (39)
62. 怎样减小弹簧管的迟滞误差? ..... (39)
63. 什么是弹簧管的疲劳和疲劳极限? ..... (40)
64. 什么是弹簧管的永久变形? ..... (40)
65. 机芯有什么作用? ..... (40)
66. 机芯由哪些元件构成? ..... (40)
67. 机芯的调节原理是什么? ..... (41)



## 压力仪表 200 问

- 68. 压力表对机芯有什么要求? ..... (42)
- 69. 机芯中游丝的作用是什么? ..... (42)
- 70. 机芯的型号、规格及主要参数有哪些? ..... (43)
- 71. 什么是反装机芯? ..... (44)
- 72. 反装机芯的型号、参数及相关尺寸有哪些? ..... (45)
- 73. 连杆的作用是什么? ..... (46)
- 74. 对压力表指针有什么要求? ..... (46)
- 75. 对压力表表盘有什么要求? ..... (47)
- 76. 压力表接头螺纹的尺寸有哪些? ..... (48)
- 77. 压力表接头采用的非标准螺纹有哪些? ..... (49)
- 78. 对压力表接头螺纹有什么要求? ..... (49)
- 79. 压力表主要元件的生产标准及代号有哪些? ..... (50)

## 四、特殊用途压力表

- 80. 什么是特殊用途压力表? ..... (51)
- 81. 什么是氧气压力表? ..... (51)
- 82. 什么是乙炔压力表? ..... (52)
- 83. 什么是电接点压力表? ..... (52)
- 84. 什么是双针双管压力表? ..... (53)
- 85. 什么是氨压力表? ..... (54)
- 86. 什么是氟压力表? ..... (54)
- 87. 什么是防腐压力表? ..... (55)
- 88. 什么是抗振压力表? ..... (55)
- 89. 抗振压力表对表壳的密封性能有什么要求? ..... (56)
- 90. 什么是隔膜压力表? ..... (56)
- 91. 隔膜压力表的用途是什么? ..... (57)
- 92. 与一般压力表相比, 隔膜压力表有什么优点? ..... (58)

93. 隔膜压力表有哪几种结构型式? ..... (59)
94. 怎样选择隔膜压力表的膜片材料? ..... (62)
95. 如何选择隔膜压力表的灌充液? ..... (64)
96. 如何选择法兰的连接尺寸? ..... (64)
97. 什么是膜片压力表? ..... (68)
98. 膜片压力表的基本结构是什么? ..... (69)
99. 膜片压力表和隔膜压力表的区别是什么? ..... (70)
100. 什么是膜盒压力表? ..... (70)
101. 膜盒压力表的基本结构是什么? ..... (70)
102. 膜盒压力表的工作原理是什么? ..... (71)
103. 膜盒压力表的用途是什么? ..... (72)
104. 什么是远传压力表? ..... (72)
105. 什么是电位器式远传压力表? ..... (72)
106. 什么是差动式远传压力表? ..... (73)
107. 什么是船用压力表? ..... (74)
108. 各种压力表的正常工作环境温度是多少? ..... (75)
109. 压力表的耐热温度是多少? ..... (75)
110. 如何对高温工作下压力表的指示值进行修正? ..... (76)

## 五、压力表的检定

111. 为什么要对压力表进行检定? ..... (78)
112. 压力表的检定周期是怎样规定的? ..... (78)
113. 压力表的检定为什么必须执行压力计量检定规程?  
..... (78)
114. 现行的压力仪表检定规程有哪几种? ..... (79)
115. 压力表检定时对环境温度有什么要求? ..... (79)
116. 压力表检定时对工作介质有什么要求? ..... (79)

## 压力仪表 200 问

117. 精密压力表检定用标准器有什么要求? ..... (80)
118. 一般压力表检定用标准器有什么要求? ..... (80)
119. 压力表检定用辅助设备有哪些? ..... (80)
120. 什么是液体压力计? ..... (81)
121. 怎样正确使用和维护液体压力计? ..... (81)
122. 什么是活塞式压力计? ..... (83)
123. 活塞式压力计的基本结构有哪些? ..... (83)
124. 影响活塞式压力计性能的基本参数有哪些? ... (84)
125. 怎样正确使用活塞式压力计? ..... (86)
126. 什么叫仪表的绝对误差? ..... (87)
127. 什么叫仪表的相对误差? ..... (87)
128. 什么叫仪表的引用误差? ..... (88)
129. 什么是压力表的量程? ..... (88)
130. 什么是压力表的示值基本误差限? ..... (89)
131. 什么是压力表的允许误差值? ..... (89)
132. 一般压力表的检定项目有哪些? ..... (90)
133. 什么是压力表的示值基本误差? ..... (90)
134. 什么是压力表的来回差? ..... (91)
135. 什么是压力表的轻敲位移? ..... (91)
136. 什么是零位误差? ..... (91)
137. 什么是指针偏转平稳性? ..... (92)
138. 压力表检定时对检定点有什么规定? ..... (92)
139. 压力表测量气体和表盘上色标有什么规定? ... (92)
140. 怎样对氧气压力表进行无油脂检查? ..... (93)
141. 怎样去掉氧气压力表弹簧管内的油脂? ..... (93)
142. 怎样检定带定位针压力表? ..... (93)
143. 怎样检定双针双管压力表? ..... (94)

- 144. 怎样检定电接点压力表? ..... (94)
- 145. 抗振压力表在检定和使用中应注意什么? ..... (95)
- 146. 隔膜压力表在检定中应注意什么? ..... (96)
- 147. 带调零装置的压力表检定中有什么要求? ..... (96)
- 148. 压力表检定中如何修正温度影响误差? ..... (96)
- 149. 压力表检定中如何修正液柱误差? ..... (98)
- 150. 对压力表检定结果怎样处理? ..... (101)
- 151. 为什么要对压力表进行型式试验? ..... (101)
- 152. 在哪些情况下要对压力表进行型式试验? ..... (101)
- 153. 一般压力表的型式试验有哪几项? ..... (102)
- 154. 什么叫压力量值传递? ..... (102)
- 155. 我国压力量值传递是怎样进行的? ..... (103)

## 六、压力表的调整与修理

- 156. 压力表调整常用的工具有哪些? ..... (105)
- 157. 压力表调校时用何设备? ..... (106)
- 158. 压力表调整时应用哪些仪器仪表? ..... (106)
- 159. 对压力校验器有什么要求? ..... (107)
- 160. 怎样使用压力校验器? ..... (108)
- 161. 压力校验器渗油怎么修理? ..... (109)
- 162. 校验器压力升不到使用工作压力是什么原因? ... (110)
- 163. 怎样保养、维护压力校验器? ..... (111)
- 164. 压力表的调校步骤有哪些? ..... (111)
- 165. 压力表调校中有哪些常用的习惯用语? ..... (112)
- 166. 什么叫压力表的“全量”, “全量小”, “全量大”?  
..... (112)
- 167. 什么叫压力表的“初始角”? ..... (112)

## 压力仪表 200 问

168. 什么叫“前快后慢”或“前慢后快”? ..... (113)
169. 什么叫“点点小”或“点点大”? ..... (113)
170. 什么叫“中间点小”或“中间点大”? ..... (114)
171. 什么叫“最后一点小”或“最后一点大”? ... (114)
172. 什么叫“不回零”? ..... (114)
173. 示值变化有什么规律? ..... (114)
174. 怎样调整压力表的全量大小? ..... (115)
175. 怎样调整示值的“前快后慢”或“前慢后快”?  
..... (116)
176. 压力表来回差超差是什么原因? ..... (117)
177. 怎样钉针? ..... (118)
178. 怎样掌握钉针的强度? ..... (118)
179. 怎样起针? ..... (119)
180. 反装机芯压力表的调整要点是什么? ..... (120)
181. 被检仪表误差总是增加或减少一个固定值,  
怎么调整? ..... (122)
182. 被检仪表误差成比例地增加或减少一个值,  
应如何调整? ..... (122)
183. 仅某一检定点超差应如何调整? ..... (123)
184. 连杆拨到尽头, 全量仍达不到规定的要求  
是什么原因? ..... (123)
185. 仪表在运行中指针尖端蹭表盘是什么原因? ..... (124)
186. 加压后, 指针不动或很少移动是什么原因? ..... (124)
187. 滞针或跳针是什么原因? ..... (125)
188. 指针不回零是什么原因? ..... (125)
189. 指针往回倒是是什么原因? ..... (125)
190. 机芯中轴弯曲怎么修理? ..... (126)

## 压力仪表 200 问

191. 机芯中轴与表盘不同心怎么处理? .....	(126)
192. 怎样判断游丝应收缩或放大? .....	(126)
193. 怎样整修游丝? .....	(127)
194. 轮轴不转怎样修理? .....	(128)
195. 连杆不活络的原因是什么? .....	(128)
196. 连杆不活络怎样进行修理? .....	(129)
197. 怎样焊接弹簧管? .....	(129)
198. 压力表检修完毕后应做好哪些工作? .....	(130)
199. 怎样清洗压力表? .....	(131)
200. 怎样正确安装、使用、维护压力表? .....	(131)
附录 A 常用压力单位换算表 .....	(133)
附录 B 压力表允许误差表 .....	(134)
附录 C 压力表检定记录 .....	(135)
<b>参考文献</b> .....	(136)

## 一、压力和压力单位

### 1. 什么是压力？

压力又称压强，是力垂直而均匀作用在单位面积上的物理量。在物理学上把它叫作压强，在工程技术上把它称之为压力。

压力可用下式表示：

$$p = F/A$$

式中：  $p$  ——压力；

$F$  ——作用力；

$A$  ——受力面积。

### 2. 什么是大气压力？

大气压力是地球表面空气柱所形成的压力。

大气压力值随着海拔高度不同而改变，即海拔越高，大气压力值越小。

一般用  $p_b$  表示大气压力。

### 3. 什么是绝对压力？

绝对压力是以绝对零位压力作基准，高于绝对压力零位的压力值。

在用绝对压力表示低于大气压力时，把绝对压力叫真空度。

## 压力仪表 200 问

一般用  $p_a$  表示绝对压力。

### 4. 什么是表压?

表压是指以大气压力为基准, 大于或小于大气压力的压力值。

一般用  $p_e$  表示表压力。

### 5. 什么是正压?

正压是指以大气压力为基准, 高于大气压力的压力。

一般用  $p$  表示正压力。

### 6. 什么是负压(真空)?

负压是指以大气压力为基准, 小于大气压力的压力。

一般用  $p_v$  表示负压力。

### 7. 什么是真空度?

真空度是指以绝对压力零位为基准, 小于大气压力的压力。

一般用  $V$  表示真空度。

### 8. 什么是差压?

差压是指两个相关压力之间的差值。

一般用  $p_d$  表示差压。

### 9. 负压和真空度的区别是什么?

负压和真空度的区别主要有以下几点:

(1) 压力基准不同



负压的压力基准是大气压力；  
真空度的基准是绝对压力零位。

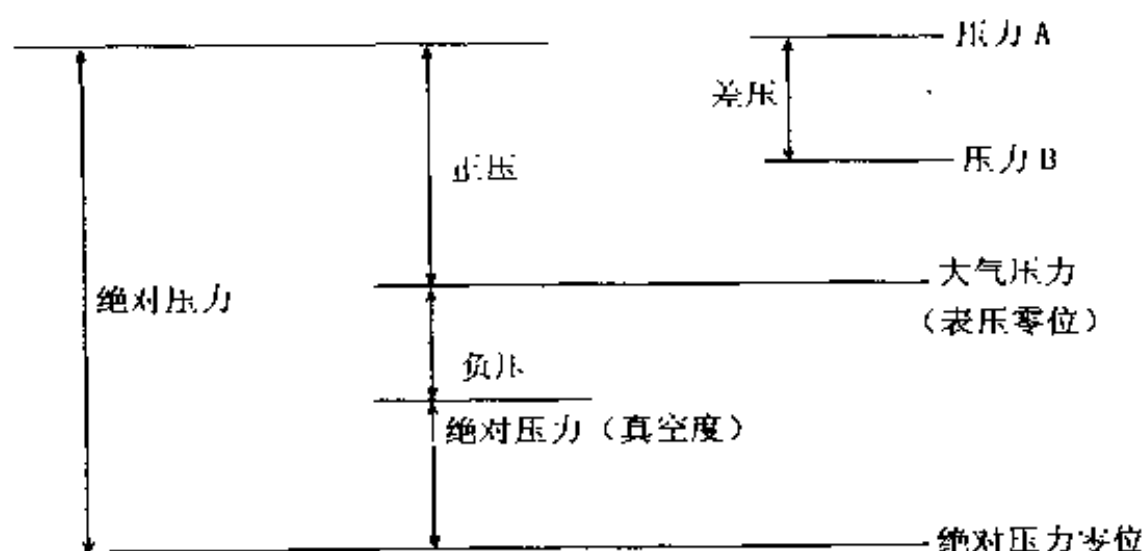
(2) 压力值符号不同

负压的压力值前有负号；  
真空度的压力值为正号。

(3) 测量范围不同

负压的测量范围从  $-100 \sim -101\,325\text{Pa}$ ；  
真空度最高能测到  $10^{-3}\text{Pa}$ 。

10. 绝对压力、大气压力、表压(正压、负压、差压)之间的关系是什么？



11. 被测压力的特征有哪些？

从测量的角度看，根据被测压力随时间有无变化的特征，可把被测压力分为静压和动压两种。

为了避免和流体力学中的静压和动压相混淆，特把此处提到的静压叫做静定压力，把动压叫变动压力，又把变动压力分为狭义的变动压力和脉动压力。

?

**12. 什么叫静(定)压力?**

不随时间变化的压力叫静(定)压力。当然绝对不变的压力也是不可能的,因而规定压力随时间的变化,每分钟不大于压力表分度值的 5%,则称之为静(定)压力。

**13. 什么叫(变)动压力?**

压力随时间的变化而变动,且每分钟的变动量大于压力表分度值的 5%,此时的压力称之为(变)动压力。

**14. 什么叫脉动压力?**

压力随时间的变化而作周期性的变动的压力称之为脉动压力。

**15. 什么是压力计量单位?**

为定量表示压力量值的大小,而约定地定义和采用的特定量叫压力计量单位。

压力计量单位包括:压力单位名称和压力单位符号。如“帕斯卡”是压力单位名称,其符号是“Pa”,“工程大气压”也是压力单位名称,其符号是“ $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ”。

**16. 什么是法定计量单位?**

国家以法令形式规定强制使用或允许使用的计量单位称法定计量单位。

**17. 我国法定计量单位包括哪些内容?**

我国法定计量单位是以国际单位制的单位为基础,根

据我国的情况适当增加了一些其他单位构成的。

我国法定计量单位包括：

- (1) 国际单位制的基本单位；
- (2) 国际单位制的辅助单位；
- (3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位；
- (4) 国家选定的非国际单位制的单位；
- (5) 由以上单位构成的组合形式的单位；
- (6) 国际单位制单位的倍数单位。

压力单位“帕斯卡”就是具有专门名称的导出单位；

MPa 和 kPa 中的“M”和“k”就是“十进倍数”的词头单位。

其中“M”词头中文称为“兆”，因数为  $10^6$ ；

“k”词头中文称为“千”，因数为  $10^3$ 。

## 18. 我国法定压力计量单位是什么？

我国法定压力计量单位是帕[斯卡]，它也是国际单位制(SI)压力单位。

帕斯卡是 1971 年第 14 届国际计量大会通过的国际单位制单位。

帕[斯卡]物理意义是指 1 牛顿(N)的力均匀而垂直作用在 1 平方米( $m^2$ )面积上所产生的压力。

即：
$$1\text{Pa} = 1\text{N}/1\text{m}^2$$

由于帕[斯卡]的量值非常小，所以常用千帕[kPa]，兆帕[MPa]表示。

$$1\text{kPa} = 10^3\text{Pa}$$

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

### 19. 其他压力计量单位有哪些?

根据《中华人民共和国计量法》的规定,从 1991 年 1 月 1 日起,全国一律执行法定计量单位,非法定计量单位应当废除。改革开放以来,我国从国外引进的大量仪器,设备中的压力表很多是采用非法定计量单位的。而我国每年出口的大量压力表中,应客户的需要,大多也采用的是非法定压力计量单位,所以我们应当对其他压力计量单位有一个基本了解。

最常用的其他压力计量单位有以下几种:

工程大气压( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ),标准大气压(atm),毫米水柱( $\text{mmH}_2\text{O}$ ),毫米汞柱( $\text{mmHg}$ ),托(torr),巴(bar),磅力平方英寸( $\text{bf}/\text{in}^2$ ,psi)。

分别介绍如下:

#### (1) 工程大气压(at, $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

工程大气压曾是工程技术中应用最广泛的一种压力单位。

工程大气压是指 1 公斤力垂直作用在 1 平方厘米的单位面积上所产生的压力。

工程大气压(at)的符号是  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。

工程大气压是过去用的最多的一种压力单位。

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 98\,066.5\text{Pa}$$

$$1\text{Pa} = 1.019\,72 \times 10^{-5}\text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$1\text{MPa} = 10.197\,2\text{kgf}/\text{cm}^2$$

#### (2) 毫米水柱( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

1 毫米水柱是指当温度为  $4^\circ\text{C}$ ,水的密度为  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ,重力加速度为  $980.665\text{cm}/\text{s}^2$  条件下 1 毫米水柱高度所产生的

压力值。

国外进口仪器中，有时将  $\text{mmH}_2\text{O}$  写成  $\text{mmWater}$ 。

$$1\text{mmH}_2\text{O} \approx 9.806\ 65\text{Pa}$$

$$1\text{Pa} = 0.109\ 7\text{mmH}_2\text{O}$$

### (3) 毫米汞柱 ( $\text{mmHg}$ )

1 毫米汞柱是指当温度为  $0^\circ\text{C}$ ，汞的密度值为  $13.595\text{g}/\text{cm}^3$ ，重力加速度为  $980.665\text{cm}/\text{s}^2$  条件下，1 毫米汞柱高度所产生的压力值。

$$1\text{mmHg} = 133.322\ 4\text{Pa}$$

$$1\text{Pa} = 0.007\ 5\text{mmHg}$$

### (4) 标准大气压 ( $\text{atm}$ )

标准大气压又称物理大气压，是科学技术中最早采用的压力单位。

标准大气压是指当温度为  $0^\circ\text{C}$ ，汞的密度值为  $13.595\text{g}/\text{cm}^3$ ，重力加速度为  $980.665\text{cm}/\text{s}^2$  条件下，760mmHg 高度所产生的压力值。

$$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 101\ 325\text{Pa}$$

### (5) 托 ( $\text{torr}$ )

托是指 1 个物理大气压的  $1/760$  所表示的压力。

$$1\text{torr} = 1\text{mmHg} = 133.322\ 4\text{Pa}$$

### (6) 巴 ( $\text{bar}$ )

巴是 1948 年国际计量大会通过的压力单位，西欧国家通用。

巴定义为  $1\text{巴} = 10^6\text{达因}/\text{厘米}^2$  ( $1\text{bar} = 10^6\text{dyn}/\text{cm}^2$ )。

在气象工作中常用毫巴 ( $\text{mbar}$ ) 作为压力单位。

$$1\text{bar} = 1\ 000\text{mbar} = 10^5\text{Pa}$$

### (7) 磅力平方英寸 ( $\text{bf}/\text{in}^2$ , $\text{psi}$ )

磅力平方英寸是指 1 磅力垂直作用在 1 平方英寸面积上所产生的压力。

$$1\text{bf/in}^2 (\text{psi}) = 6\,894.76\text{Pa}$$

根据习惯不同,英国人习惯用  $\text{bf/in}^2$  作为压力符号,而美国人习惯用  $\text{psi}$  作为压力符号。

除了常用的压力计量单位,现将其他压力单位的名称、符号和帕斯卡的单位换算系数列于表 1-1。

表 1-1

单位名称	单位符号	与帕斯卡的换算系数
达因每平方厘米	$\text{dyn/cm}^2$	$= 0.1 \text{ Pa}$
千克力每平方米	$\text{kgf/m}^2$	$= 9.806\,65 \text{ Pa}$
磅达每平方英寸	$\text{pdl/in}^2$	$= 214.296 \text{ Pa}$
磅达每平方英尺	$\text{pdl/ft}^2$	$= 1.488\,16 \text{ Pa}$
磅力每平方英尺	$\text{lbf/ft}^2$	$= 47.880\,3 \text{ Pa}$
英吨力每平方英寸	$\text{UKtonf/in}^2$	$= 1.544\,43 \times 10^7 \text{ Pa}$
英吨力每平方英尺	$\text{UKtonf/ft}^2$	$= 1.072\,52 \times 10^5 \text{ Pa}$
吨力每平方米	$\text{tf/m}^2$	$= 9\,806.65 \text{ Pa}$
短吨力每平方英寸	$\text{sh tonf/in}^2$	$= 1.378\,95 \times 10^7 \text{ Pa}$
短吨力每平方英尺	$\text{sh tonf/ft}^2$	$= 95\,760.5 \text{ Pa}$
盎司力每平方英寸	$\text{ozf/in}^2$	$= 430.922 \text{ Pa}$
盎司力每平方英尺	$\text{ozf/ft}^2$	$= 2.992\,52 \text{ Pa}$
牛顿每平方厘米	$\text{N/cm}^2$	$= 10\,000 \text{ Pa}$
英寸水柱	$\text{inH}_2\text{O}$	$= 249.082 \text{ Pa}$
英尺水柱	$\text{ftH}_2\text{O}$	$= 2\,989.07 \text{ Pa}$
英寸汞柱	$\text{inHg}$	$= 3\,386.89 \text{ Pa}$

**20. 常用压力单位如何换算?**

各种常用压力单位与法定计量单位的换算可查附录 A。

## 二、压力表常识

### 21. 什么是压力表?

压力表是指以大气压力为基准,用于测量大于大气压力的仪表。

### 22. 什么是真空表?

真空表是指以大气压力为基准,用于测量小于大气压力的仪表。

### 23. 什么是压力真空表?

压力真空表是指以大气压力为基准,用于测量大于和小于大气压力的仪表。

### 24. 什么是绝压表?

绝压表是绝对压力表的简称。

绝压表是指以绝对压力零位为基准,测量绝对压力的仪表。

同压力表相比:

绝压表的零位为压力真空表的  $-0.1\text{MPa}$  标度点;

绝压表的  $0.1\text{MPa}$  标度点为压力表的零位。



## 25. 什么是差压表?

差压表的工作原理如图 2-1 所示,它有两个压力导入口, L 入口(低压入口)和 H 入口(高压入口)。

差压表能指示出两个测量点的压力差值,弹簧管式差压表的测量范围一般在 0.2~15 MPa。差压表可用来测量过程中压力的损失。

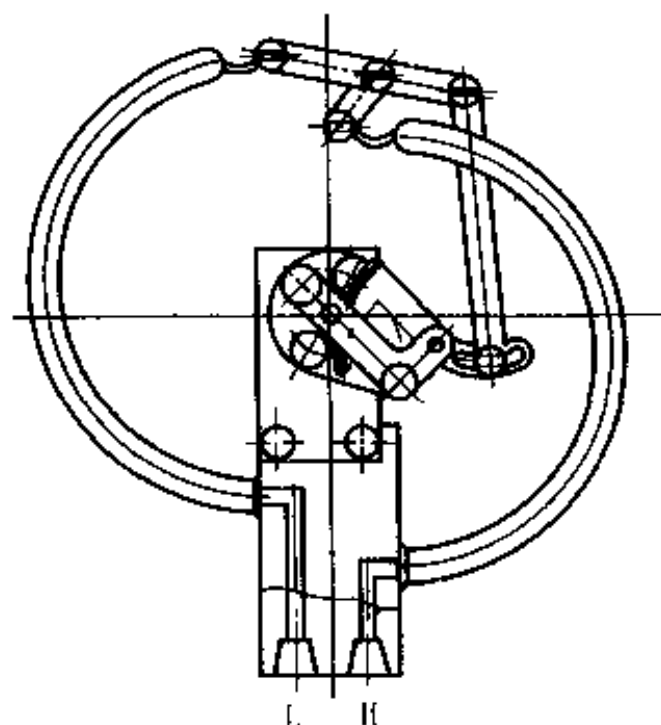


图 2-1 差压表工作原理图

## 26. 什么是一般压力表?

一般压力表是用于测量对铜和铜合金不起腐蚀作用的气体,蒸汽和液体压力的仪表。

一般压力表的主要接触被测工作介质的元件(如接头和弹簧管)的材质都是铜或铜合金。它具有良好的防腐和防锈

性能。

一般压力表的最高精度为 1 级。

一般压力表包括压力表、真空表和压力真空表。

## **27. 什么是精密压力表?**

精密压力表是指精度等级等于或高于 0.4 级的压力表或真空表。

精密压力表是采用较高品质的材料和精细的工艺制造而成的。

精密压力表可作为检定一般压力表的标准器,也可作高精度压力测量之用。

## **28. 什么叫压力计量?**

用压力仪器仪表进行测量压力的过程,称为压力计量或压力测量。

## **29. 压力仪表有什么用途?**

压力仪表的用途主要有以下点:

(1) 监视受压容器或管道内工作介质的运行情况,以便恰当地控制受压容器,保护生产设备的安全。

(2) 了解生产过程中物料变化状态,使某些工艺参数控制在指定的条件下,以保证产品质量符合规定的要求。

(3) 通过掌握压力参数,为操作人员监视和调节生产提供可靠的依据。

## **30. 一般压力表有什么优点?**

一般压力表有以下优点:

- (1) 结构简单, 可靠耐用, 使用维修方便。
- (2) 外形小, 重量轻, 测量范围广, 指示明显, 直接读数。
- (3) 有足够的精度, 示值稳定性好。
- (4) 价格低廉。

31. 一般压力表由哪些主要零部件组成?

一般压力表主要有以下零部件组成(如图 2-2): 接头、弹簧管、封口片、机芯、连杆、表盘、指针、衬圈、表壳、

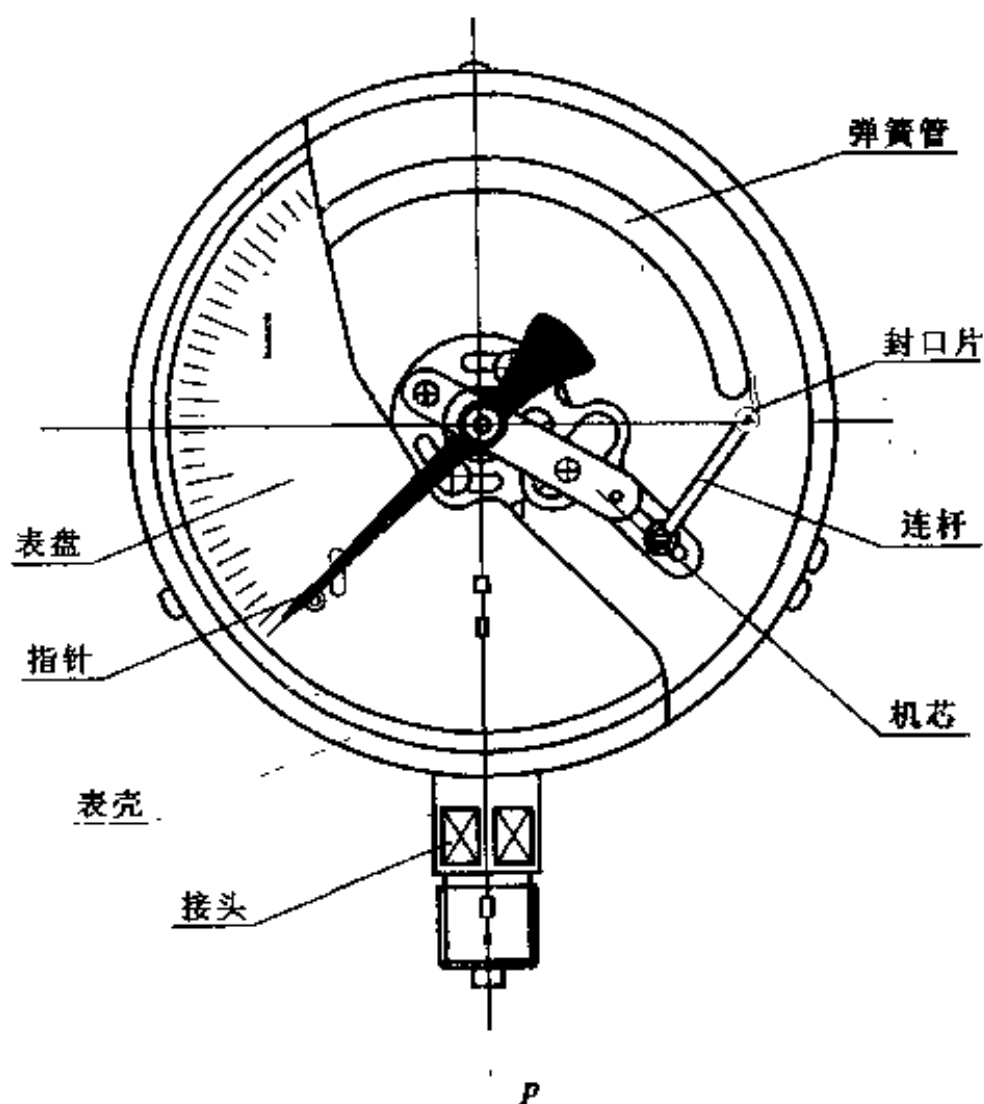


图 2-2 一般压力表的结构组成

## 压力仪表 200 问

表玻璃、罩圈。其中关键零部件是接头、弹簧管和机芯。

### 32. 一般压力表的工作原理是什么？

一般压力表的工作原理是：弹簧管在压力和真空的作用下，产生弹性变形引起管端位移，其位移通过机械传动机构（连杆和机芯）进行放大，传递给指示装置，再由指针在表盘上偏转指示出压力或真空值。

### 33. 一般压力表的外壳公称直径有哪几种？

根据我国压力表标准的规定，压力表的外壳直径有 40, 60, 100, 150, 200, 250mm 六种。

由于安装条件的需要，国外还有其他的外径尺寸可采用，如 33, 50, 75, 90mm 等。

### 34. 一般压力表的测量范围有多少种？

根据我国压力表标准的规定，压力表的测量范围有以下几种（见表 2-1）：

表 2-1

型 式	测 量 范 围 /MPa				
压 力	0 ~ 0.1	0 ~ 0.16	0 ~ 0.25	0 ~ 0.4	0 ~ 0.6
	0 ~ 1	0 ~ 1.6	0 ~ 2.5	0 ~ 4	0 ~ 6
	0 ~ 10	0 ~ 16	0 ~ 25	0 ~ 40	0 ~ 60
	0 ~ 100	0 ~ 160	0 ~ 250	0 ~ 400	0 ~ 600
真 空	-0.1 ~ 0				
压 力 真 空	-0.1 ~ 0.06		-0.1 ~ 0.15		-0.1 ~ 0.3
	-0.1 ~ 0.5		-0.1 ~ 0.9		-0.1 ~ 1.5
	-0.1 ~ 2.4				

### 35. 一般压力表的安装方式有几种？

一般压力表的安装方式分为螺纹连接和盘装连接 2 种。

其中螺纹连接又分为：径向下端；轴向同心式和轴向偏心式 3 种，如图 2-3。

盘装连接又分为：径向下端后环；轴向同心式前环；轴向同心式后环和轴向偏心式前环 4 种，如图 2-4。

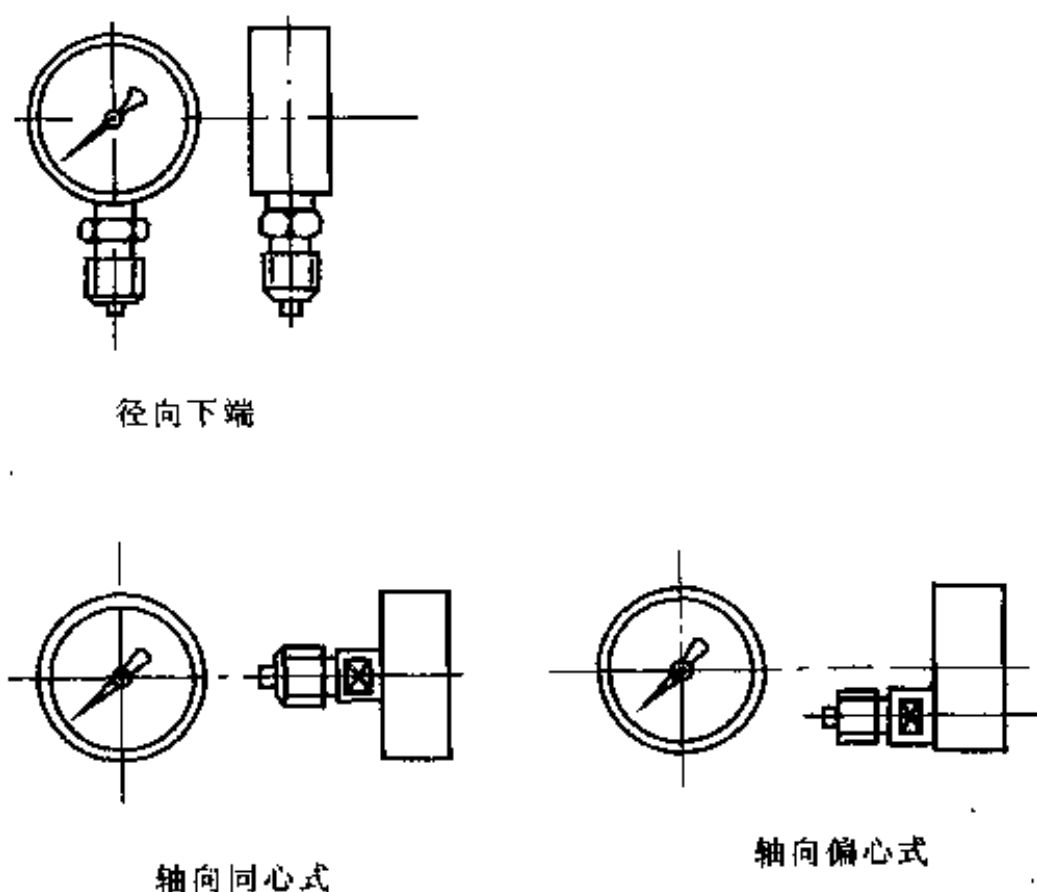


图 2-3 螺纹连接

### 36. 什么叫压力表的精度等级？

压力表的精度等级是反映压力表与标准仪表进行对比中，指示值与真实值接近的准确程度。

?

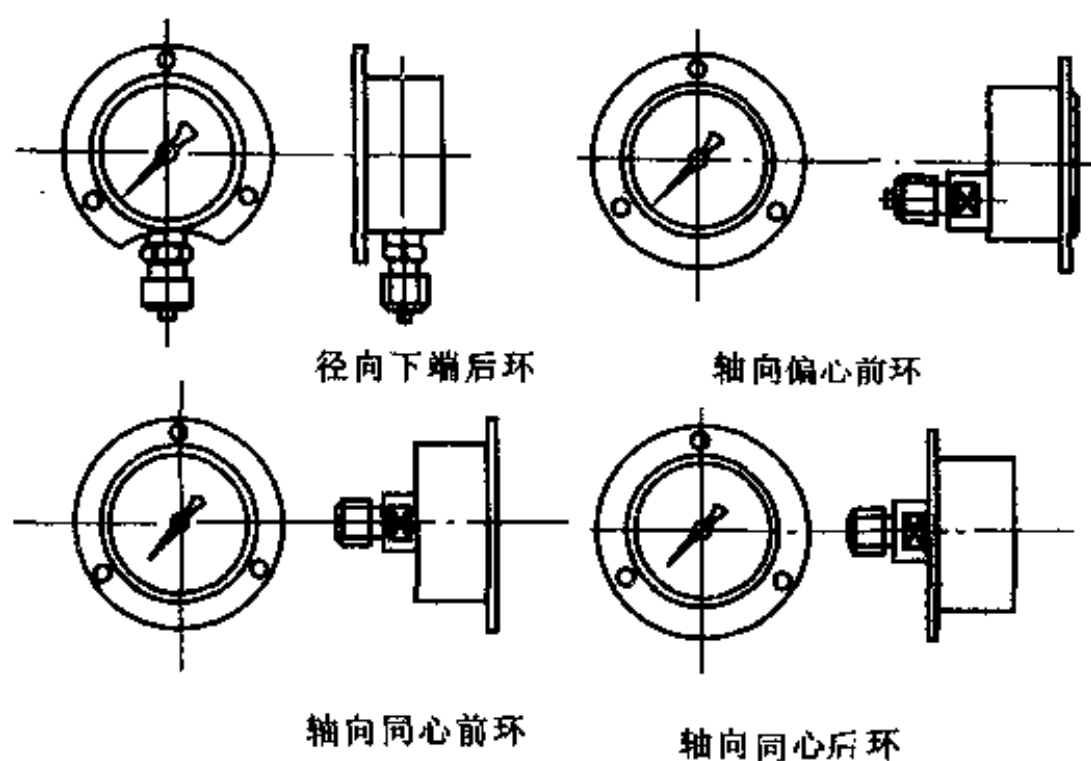


图 2-4 盘装连接

压力表的精度等级等于最大基本误差与测量上限之比值的百分数。

压力表的精度等级一般标注在表盘上，为了便于表示，习惯上去掉“%”符号，只将表示精度等级的数字用“○”括起来。

### 37. 压力表有哪些精度等级？

根据我国压力表标准的规定：

一般压力表的精度等级分为：1 级，1.6 级，2.5 级，4 级，应符合表 2-2 的规定。

表 2-2

外壳公称直径/mm	精确度等级
40, 60	2.5, 4
100	1.6, 2.5
150, 200, 250	1, 1.6

精密压力表的精度等级分为：0.1 级，0.16 级，0.25 级，0.4 级 4 种。

(说明：原压力表标准 GB1226—86 中的一般压力表精度等级为 1 级；1.5 级，2.5 级，4 级，已颁布的压力表新标准 GB/T1226—2001 已将一般压力表精度等级规定为 1 级，1.6 级，2.5 级，4 级，所以本书中均将 1.5 级改为 1.6 级。)

### 38. 怎样选择压力表的测量上限？

压力表低于  $1/3$  量限的部分，由于相对误差较大，不宜使用。

压力表高于  $3/4$  量限的部分，如果长时间使用，会使弹簧管过早产生残余变形或蠕变，降低仪表的精度，也不宜使用。

所以压力表的最佳使用范围是测量上限的  $1/3 \sim 3/4$ 。

选择压力表的测量上限可按以下公式进行计算：

压力表的测量上限 = 所测最大压力  $\times 4/3$  (2—1)

例：被测量压力的最大值为 3.5MPa 时，求所选用压力表的测量上限应是多少？

## 压力仪表 200 问

解：压力表的测量上限 = 所测最大压力  $\times 4/3$   
 $= 3.5\text{MPa} \times 4/3$   
 $= 4.6\text{MPa}$

答：所选用压力表的测量上限应是 6MPa。

### 39. 怎样选择一般压力表的精度？

选择压力表的精度一般有两种方法。

#### (1) 习惯或经验方法

一般来说压力表的精度等级和表壳外径尺寸有关，外径尺寸为 40mm 和 60mm 的仪表一般为 2.5 级，外径尺寸为 100mm 和 150mm 的仪表一般为 1.6 级。由于一般压力表多为工作用表，对仪表的精度要求并不高，所以如果选择了仪表的外径也就基本决定了仪表的精度。

#### (2) 计算方法

根据仪表测量所允许的最大绝对误差值来计算出仪表应选择的精度等级，可用以下公式进行计算：

$$\text{仪表的精度等级} = \frac{\text{允许绝对误差值}}{\text{测量上限}} \times 100\% \quad (2-2)$$

例：某仪表的测量上限为 10MPa，所测量的允许误差不大于 0.2MPa，问应选择仪表的精度是多少？

解：

$$\begin{aligned} \text{仪表的精度等级} &= \frac{\text{允许绝对误差值}}{\text{测量上限}} \times 100\% \\ &= \frac{0.2}{10} \times 100\% = 2\% \end{aligned}$$

答：仪表的精度应选择 1.6 级。



## 40. 各种压力表的生产制造标准名称及代号是什么?

表 2-3

仪表名称	标准名称	标准代号
普通压力表	一般压力表	GB/T 1226—2001
精密压力表	精密压力表	GB/T 1227—2002
电接点压力表	电接点压力表	JB/T 9273—99
电接点膜盒压力表	电接点膜盒压力表	JB/T 9275—99
氨压表	氨压力表	JB/T 9272—99
隔膜压力表	隔膜式压力表	JB/T 6824—97
防腐压力表	一般压力表	GB/T 1226—2001
耐振压力表	抗振压力表	JB/T 6804—93
微压表	膜盒压力表	JB/T 9274—99
膜片压力表	膜片压力表	JB/T 5491—91
船用压力表	船用压力表	JB/T 5527—91
远传压力表	远传压力表	JB/T 10203—2000
减压器用压力表	焊接切割及类似工 艺减压器用压力表	JB/T 9271—99
压力表误差表	压力表误差表	JB/T 9277—99

## 41. 压力表的分类方法有哪些?

由于压力表的用途、工作条件 and 环境各不相同, 压力表可按以下几个方面进行分类。

(1) 按弹性元件不同可分为:

a. C 形弹簧管压力表;

## 压力仪表 200 问

b. 螺旋弹簧管压力表;

c. 膜片压力表;

d. 膜盒压力表;

e. 波纹管压力表。

(2) 按仪表用途不同可分为:

a. 一般用途压力表如一般压力表、氧压表、氨压表、电接点压力表等;

b. 特殊用途压力表如隔膜压力表、防腐压力表、耐振压力表、膜盒压力表等。

(3) 按被测压力大小不同可分为:

a. 微压表 测量范围: 10 000Pa 以下;

b. 低压表 测量范围: 10 ~ 600kPa;

c. 中压表 测量范围: 0.6 ~ 10MPa;

d. 高压表 测量范围: 10 ~ 600MPa;

e. 超高压表 测量范围: 大于 600MPa。

(4) 按仪表的精度不同可分为:

a. 一般压力表——精度为 1 级, 1.6 级, 2.5 级, 4 级。

b. 精密压力表——精度为 0.1 级, 0.16 级, 0.25 级, 0.4 级。

(5) 按仪表安装方式不同可分为:

a. 螺纹连接;

b. 盘装连接;

c. 法兰连接;

d. 夹子式连接。

### 42. 压力表的型号是怎样规定的?

目前关于压力表的型号没有统一规定, 而是由各压力

表生产厂家自行规定的。

现将全国三家主要压力表生产厂的压力表型号列于表 2-4, 以供读者选型时参考。

表 2-4

压力表名称	压力表型号		
	北京布莱迪公司	西安仪表厂	上海仪表四厂
一般压力表	Y	Y	Y
真空表	Z	Z	Z
压力真空表	YZ	YZ	YZ
氧压表	YO	YO	YO
氨压表	YA	YA	YA
电接点压力表	YX	YX	YX
精密压力表	YB	YB	YB
隔膜压力表	YTP	YTP	Y-M
防腐压力表	YTF	YTH	Y-B
耐振压力表	YTN	YTN	Y-Z
膜盒压力表	YE	YE	YE
膜片压力表	YP	YP	YPF

#### 43. 全国主要压力表生产厂有哪些?

据不完全统计, 目前全国大大小小的压力表生产厂不下上百家, 为使读者采购方便, 现将全国一些主要压力表生产厂家列于表 2-5。

表 2-5

序号	压力表生产厂	地 址	邮 编	电 话
1	北京布莱迪 仪器仪表有 限公司	北京市朝阳区 亦庄路西威仪 路 6 号 (北京 7812 信箱)	100078	010-67690045
2	上海自动化 仪表四厂	上海市中山北 路 1300 号	200065	021-56086500
3	上海自动化 仪表五厂	上海沪青公路 松泽村	201703	021-9728686
4	上海正保仪 表厂	上海市闸北区 大统路苏家巷 16 号	200070	021-56621486
5	西安仪表厂	陕西省西安市 劳动路北口	710082	029-8625700
6	西安华懋仪 表有限公司	陕西省西安市 雁塔路北段 37 号	710054	029-2215577
7	哈尔滨黑龙 仪表厂	黑龙江省哈尔 滨市南岗区自 兴街 27 号	150080	0451-6675504
8	牡丹江市仪 表三厂	黑龙江省牡丹 江市东新街 200 号	151000	0453-6617385
9	沈阳市压力 表三厂	辽宁省沈阳市 沈河区东纯路 100 号	110014	024-2825894

续表

序号	压力表生产厂	地 址	邮 编	电 话
10	天津自动化 仪表二厂	天津市南开区 密云路 55 号	300111	022-7367996
11	天津市压力 表厂	天津市河西区 小围堤道 30 号	300210	022-8301095
12	承德仪表厂	河北省承德市 东兴路 18 号	067000	0314-2023438
13	青岛仪表总 厂	山东省青岛市 北区镇江路 18 号	266022	0532-5824265
14	青岛华青仪 表有限公司	山东省青岛市 平度南村镇华 青路 1 号	266763	0532-3391116
15	阳泉仪表有 限公司	山西省阳泉市 南山南路 7 号	045000	0353-2032674
16	漯河市热工 仪表厂	河南省漯河市 滨河路子 78 号	462000	0395-2122651
17	马鞍山市仪 表厂	安徽省马鞍山 市湖东路	243000	0555-2472469
18	无锡市压力 表厂	江苏省无锡市 塘南三支路 18 号	214016	0510-5012782

续表

序号	压力表生产厂	地 址	邮 编	电 话
19	锡山特种仪表厂	江苏省无锡市南门外雪浪万思桥	214125	0510 - 5180045
20	杭州热工仪表厂	浙江省杭州市布市巷 30 号	310002	0571 - 7063022
21	景德镇压力仪表厂	江西省景德镇市珠山西路 44 号	333000	0798 - 8524457
22	宜昌仪表总厂	湖北省宜昌市珍珠路 154 号	443000	0717 - 731730
23	长沙市自动化仪表厂	湖南省长沙市南区新丰路 40 号	410000	0731 - 5554478
24	天府仪表厂	四川省成都市彭州外北街 54 号	610000	028 - 3871037
25	重庆昆仑仪表厂	重庆市万州区白堂三支路 24 号	404000	023 - 58223856
26	艾美凯仪表有限公司	福建省厦门市火炬开发区刘新城 1 楼	361006	0592 - 6030567
27	中山仪表厂	广东省中山市石岐孙文东路	528403	0760 - 8323075

#### 44. 压力表在采购和订货中应注意什么?

在一般压力表的采购和订货中应明确以下几点:

(1) 仪表名称: 要明确是一般压力表、氧压表、电接点压力表、氨压表等;

(2) 仪表型号: 对不同的厂家有不同的型号, 但要在合同中明确写出;

(3) 仪表的外径尺寸:  $\phi 40$ ,  $\phi 60$ ,  $\phi 100$ ,  $\phi 150$ ,  $\phi 200$ ,  $\phi 250$ 。

(4) 安装方式: 径向、轴向、前带边、后带边。

(5) 测量范围: 真空表—— $-0.1\text{MPa}$ ;

压力表——测量上限;

压力真空表——测量范围。

(6) 精度等级: 1 级, 1.6 级, 2.5 级, 4 级。

(7) 接头螺纹:  $M10 \times 1$ ,  $M14 \times 1.5$ ,  $M20 \times 1.5$ 。

在特殊压力表的采购和订货中, 除了应明确以上几点外, 还应根据不同的压力表明确以下几点:

(1) 仪表名称: 隔膜压力表、防腐压力表、耐振压力表、膜盒压力表等。

(2) 对隔膜压力表:

a. 根据不同用途, 应明确弹簧管内的灌充液(硅油、甘油、氟油、食用油等);

b. 根据被测介质的腐蚀情况, 应明确膜片的材质(如 SUS316、钽片、钛片、蒙乃尔合金、哈氏合金、镀膜等);

c. 如是法兰连接, 应明确法兰的执行标准、尺寸、材质或镀膜等要求。

(3) 对耐振压力表应明确表壳内充的减振液(硅油、甘

## 压力仪表 200 问

油等)。

(4) 防腐压力表应根据被测介质的腐蚀性或工作环境的腐蚀性, 明确接头、弹簧管和表壳等的材质。



### 三、压力表元件

#### 45. 什么是弹性敏感元件？

利用材料的弹性变形把测量仪表直接感受的被测压力转换成位移等物理量的元件，称为弹性敏感元件。

弹性敏感元件在弹性式压力表中占有极其重要的地位，它是压力仪表中最主要部件，它决定着仪表的测量范围、灵敏度、精确度和稳定性。

#### 46. 弹性敏感元件的特性有哪些？

弹性元件虽然种类繁多，结构设计上各不相同，但它们都有着共同的特性，其特性主要包括：

- (1) 弹性特性；
- (2) 刚度；
- (3) 灵敏度；
- (4) 弹性后效；
- (5) 弹性滞后；
- (6) 温度影响。

#### 47. 什么是弹性元件的弹性特性？

弹性元件在压力的作用下，其几何形状与尺寸会发生变化，在弹性限度的范围内，其变化与压力成正比。当压力取消后，元件能恢复到初始的形状和尺寸，这种现象叫

弹性变形。

弹性元件的形状和尺寸变化，能使其自由端产生位移（线位移或角位移），而作用于弹性元件上压力与产生的位移之间的关系则称为弹性特性。

压力与位移之间的关系，有线性的也有非线性的，绝大多数压力仪表用的弹性元件都是利用其线性关系。

#### 48. 什么是弹性元件的刚度和灵敏度？

##### （1）刚度

使弹性元件产生单位位移所需要的作用压力叫做弹性元件的刚度，一般用“ $K$ ”表示。当弹性元件的弹性特性为线性时，其刚度为：

$$K_p = p/W \quad (3-1)$$

式中： $K_p$ ——刚度，MPa/mm；

$p$ ——作用在弹性元件上的压力，MPa；

$W$ ——弹性元件产生的位移，mm。

##### （2）灵敏度

弹性元件在单位压力作用下，所产生的位移量，叫做弹性元件的灵敏度，一般用“ $S$ ”表示。当弹性元件的弹性特性为线性时，其灵敏度为：

$$S_p = W/p \quad \text{mm/MPa} \quad (3-2)$$

从式(3—1)和式(3—2)中可以看出，弹性元件刚度和灵敏度两者之间互为倒数，二者是同一特性的两种不同的表示方法。

从式(3—1)中可以看出要使不同的弹性元件产生相同的位移：所需作用力大的，其刚度就大；所需作用力小，

其刚度就小。如要使 Y100 型压力表 1MPa 和 2.5MPa 的弹簧管产生相同的位移量，1MPa 的弹簧管就比 2.5MPa 的弹簧管刚度小。

从式(3—2)中可以看出：若以相同的压力作用在不同的弹性元件上，产生位移大的，其灵敏度就高；产生位移小的，其灵敏度就低。如同是 Y100 型压力表，1MPa 的弹簧管就比 2.5MPa 弹簧管灵敏度高。

#### 49. 什么是弹性元件的温度影响？

弹性元件周围的环境温度发生变化时，会引起材料的弹性模量  $E$  的改变，而弹性模量  $E$  随温度改变的关系可用下式表示：

$$E_t = E_0 (1 + \beta_t \Delta t) \quad (3-3)$$

式中： $E_t$ ——当温度为  $t^\circ\text{C}$  时，材料的弹性模量；

$E_0$ ——在标准温度  $t_0$  时(一般为  $20^\circ\text{C}$ )，材料的弹性模量；

$\beta_t$ ——弹性模量的温度系数；

$\Delta t$ ——温度变化量，( $\Delta t = t - t_0$ )。

一般情况下，弹性元件常用材料的弹性模量温度系数  $\beta_t$  为负数，所以当周围温度下降时，弹性模量  $E_t$  增加，位移量减小；反之当周围温度上升时，弹性模量  $E_t$  减小，位移量增大。

以上这种由温度变化引起弹性模量改变，进而造成弹性元件位移量的增(减)，由此引起的误差叫温度误差。

几种常用材料的弹性模量温度系数见表 3-1。

表 3-1 常用材料的  $\beta_t$

材料名称	材料牌号	$\beta_t$
黄铜	H62	$-4.8 \times 10^{-4}$
磷青铜	QSn6.5-0.1	$-4.8 \times 10^{-4}$
铍青铜	QBe2	$-3.1 \times 10^{-4}$
不锈钢	1Cr18Ni9Ti	$-3.5 \times 10^{-4}$

#### 50. 压力表常用弹性敏感元件有哪几种?

压力表最常用弹性敏感元件有以下几种:

- (1) 单圈弹簧管, 又称 C 形管或波登管, 这是压力表用的最广泛的弹性元件;
- (2) 螺旋弹簧管, 又称多圈弹簧管;
- (3) 膜片;
- (4) 膜盒;
- (5) 波纹管。

#### 51. 压力表对弹簧管有什么要求?

压力表用弹簧管在使用中应具有足够的管端位移量、管端力和较小的内应力。具体来说, 对于低压弹性管, 要求其有较高的灵敏度(较大的位移量)和较大的管端力(能够带动机芯及指针的运动); 对于中高压弹簧管则要求较小的内应力, 以确保弹簧管在使用中的稳定性和安全性。

#### 52. 对弹簧管用的材料有什么要求?

一般情况下对弹簧管的材料要求有以下几点:

- (1) 具有良好的塑性, 便于加工成形;

(2) 较高的弹性极限、强度极限和疲劳极限，以保证仪表正常工作；

(3) 良好的焊接性能，便于钎焊和熔焊；

(4) 机械性能稳定，弹性模量的温度系数小；

(5) 较好的耐腐蚀性能。

制作弹簧管常用的材料有黄铜(H62)、锡磷青铜(QSn4-0.3)、铍青铜(QBe2)和不锈钢(1Cr18Ni9Ti, SUS316, SUS316L)等。

以上材料的主要性能及用途见表 3-2。

表 3-2

名 称	牌 号	主 要 性 能	用 途
黄铜	H62	具有一般的机械性能和耐腐蚀性，塑性和焊接性能好，但弹性后效和滞后较大	用于制造测量非腐蚀介质而精度不高的弹簧管
锡磷青铜	QSn4-0.3	强度、弹性及耐腐蚀性能高于黄铜，而且弹性后效和滞后小于黄铜	是一般压力表弹簧管用的最广泛的材料
铍青铜	QBe2	具有很高的机械性能，工艺性和耐腐蚀性强，弹性后效和滞后很小，弹性模量和温度影响也很小	多用于制造精密压力表用弹簧管
不锈钢	1Cr18Ni9Ti SUS316 SUS316L	具有优良的机械性能和耐腐蚀性，能承受较高的压力，且工艺性能好	多用于制造防腐压力表的弹簧管

### 53. 弹簧管的形状及主要参数有哪些？

弹簧管是法国机械师波登(E. Bourdon)在 1847 年制造出来的，1849 年取得专利后，首先用来测量压力，所以国外常称其为波登管；而一般将其做成 C 形状，如图 3-1 所示，所以也有将其称为 C 形管。弹簧管的截面形状有椭圆形和扁平圆形两种。

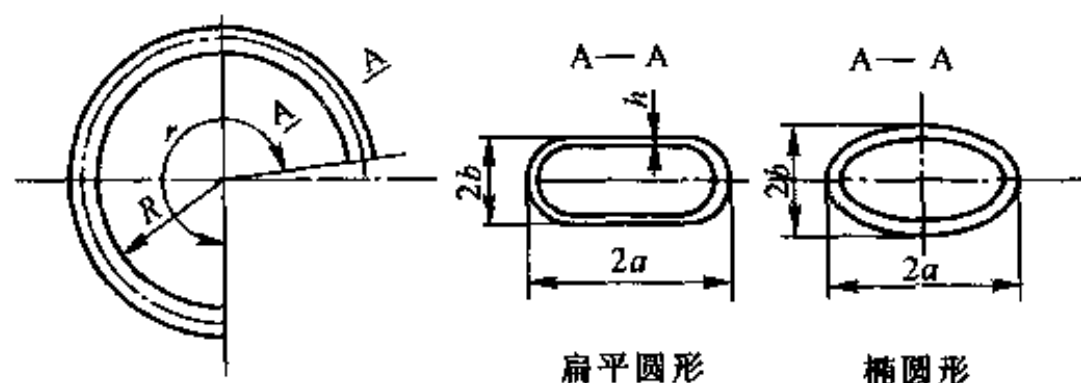


图 3-1 弹簧管及截面形状

其主要参数如下：

$R$  —— 弹簧管的曲率半径；

$\gamma$  —— 弹簧管的成形角；

$2a$  —— 弹簧管的长轴；

$2b$  —— 弹簧管的短轴；

$h$  —— 弹簧管的壁厚。

### 54. 弹簧管的参数对管端位移有什么影响？

一般来说，弹簧管的管端位移量  $W$  与外加压力值  $p$ 、曲率半径  $R$ 、截面轴比  $a/b$  成正比，而与管壁的厚度  $h$  成反比。弹簧管的参数对管端位移的影响可用图 3-2 的特性

曲线表示。

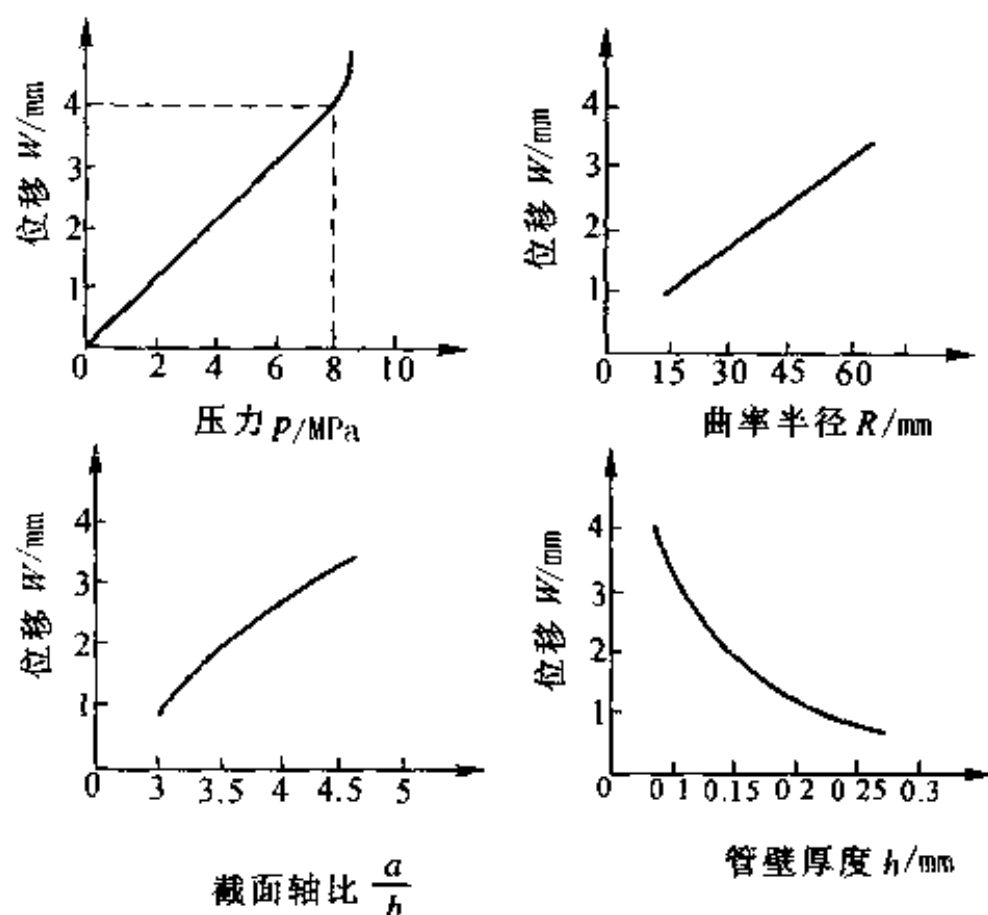


图 3-2 特性曲线

### 55. 弹簧管的管端位移量( $W$ )的计算公式是什么?

弹簧管的管端位移量( $W$ )的常用的计算方法有两种:一种是 B.N 费奥多谢夫数学公式计算法;另一种是诺模图计算法,这里介绍的是费氏公式计算法。

本公式适用于单圈弹簧管(C形管)作为敏感元件的压力表,如图 3-3 所示。

其弹簧管中心角  $\gamma$  的改变量  $\Delta\gamma$  与作用在其上的压力  $p$  之间的关系可由式(3—4)表示:

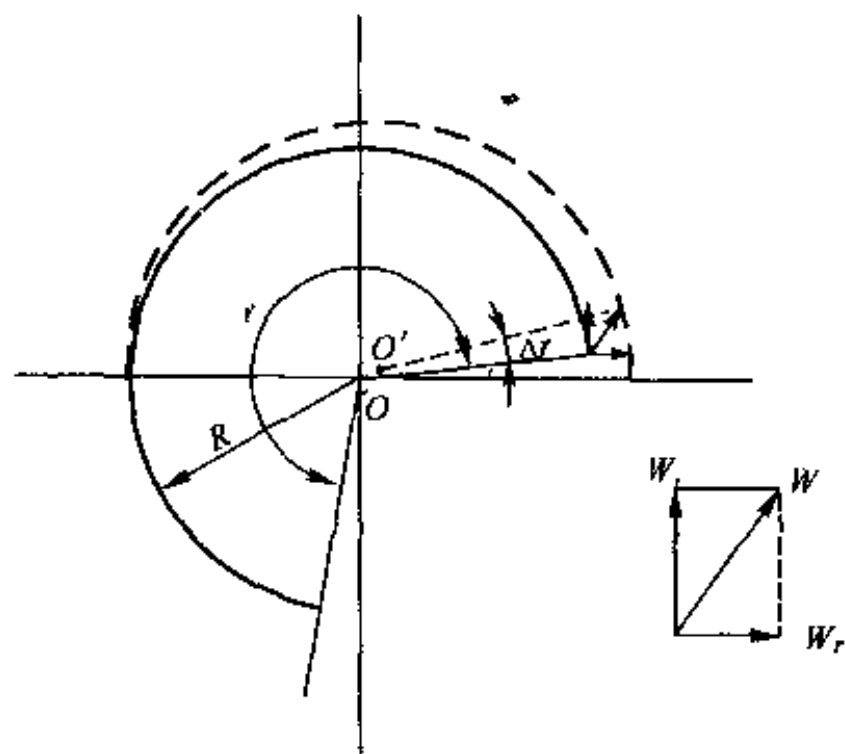


图 3-3 弹簧管的管端位移  $W$  示意图

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} = p \frac{1-\mu^2}{E} \cdot \frac{R^2}{bh} \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{a}{\beta + \lambda^2} \quad (3-4)$$

而管端总位移量  $W$  的表达式为:

$$W = \frac{\Delta\gamma}{\gamma} R \sqrt{(\gamma - \sin\gamma)^2 + (1 - \cos\gamma)^2} \quad (3-5)$$

将式 (3-4) 代入式 (3-5) 可得:

$$W = p \frac{1-\mu^2}{E} \frac{R^3}{bh} \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{a}{\beta + \lambda^2} \sqrt{(\gamma - \sin\gamma)^2 + (1 - \cos\gamma)^2} \quad (3-6)$$

式中:  $W$  ——弹簧管管端总位移量;

$\gamma$  ——弹簧管成形角;

$\Delta\gamma$  ——弹簧管受压后的偏转角;

$p$  ——被测压力;

$\mu$  ——弹簧管材料的泊松系数;



$E$  ——弹簧管材料的弹性模量；

$R$  ——弹簧管的曲率半径；

$a$  ——弹簧管的长轴之半；

$b$  ——弹簧管的短轴之半；

$\alpha, \beta$  ——管形系数，其当数值见表 3-3，表 3-4；

$\lambda$  ——弹簧管的主参数， $\lambda = \frac{Rh}{a^2}$  (3-7)

$h$  ——弹簧管的壁厚。

其中：径向位移量  $W_r = W(1 - \cos \gamma)$  (3-8)

轴向位移量  $W_t = W(\gamma - \sin \gamma)$  (3-9)

表 3-3 计算椭圆形弹簧管用管形系数  $\alpha$ 、 $\beta$  值

$a/b$	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	0.636	0.566	0.493	0.452	0.43	0.426	0.406	0.4	0.395	0.39
$\beta$	0.062	0.053	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042

表 3-4 计算扁平圆形弹簧管用管形系数  $\alpha$ 、 $\beta$  值

$a/b$	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	0.594	0.548	0.48	0.437	0.408	0.388	0.372	0.36	0.35	0.343
$\beta$	0.11	0.115	0.121	0.121	0.121	0.121	0.120	0.119	0.119	0.118

计算举例：

例：Y-150 压力表用扁平圆形截面弹簧管，其曲率半径  $R = 52.3\text{mm}$ ，壁厚  $h = 0.66\text{mm}$ ，长轴之半  $a = 10.5\text{mm}$ ，短轴之半  $b = 3.22\text{mm}$ ，成形角  $\gamma = 240^\circ$ ，弹簧管选用材料为锡磷青铜 QSn4-0.3，其中泊松系数  $\mu = 0.3$ ，弹性模量  $E = 1.16 \times 10^5 \text{MPa}$ 。

求：(1) 当压力为  $p = 0.7\text{MPa}$  时，弹簧管的管端位移

量是多少？

(2) 若弹簧管的几何参数不变，仅截面形状改为椭圆形时，其管端位移量是多少？

(3) 比较其灵敏度变化。

解：(1) 求轴径比： $a/b = 10.5/3.22 = 3.26$

查表 3-4 得管端系数  $\alpha = 0.467$ ， $\beta = 0.121$

计算主参数：

$$\lambda = \frac{Rh}{a^2} = \frac{52.3 \times 0.66}{10.5^2} = 0.313$$

计算管端位移量  $W$ ：

$$\begin{aligned} W &= p \frac{1-\mu^2}{E} \frac{R^2}{bh} \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{a}{\beta + \lambda^2} \sqrt{(\gamma - \sin \gamma)^2 + (1 - \cos \gamma)^2} \\ &= 0.7 \times \frac{1-0.3^2}{1.16 \times 10^5} \times \frac{52.3^3}{3.22 \times 0.66} \times \left(1 - \frac{3.22^2}{10.5^2}\right) \times \\ &\quad \frac{0.467}{0.121 + 0.313^2} \times \sqrt{(240^\circ - \sin 240^\circ)^2 + (1 - \cos 240^\circ)^2} \\ &= 3.63 \text{mm} \end{aligned}$$

(2) 对截面为椭圆形的弹簧管，查表 3-3，得管形系数  $\alpha = 0.481$ ， $\beta = 0.045$ ，代入式(3-6)得：

$$W_2 = 5.72 \text{mm}$$

(3) 弹簧管灵敏度之比  $= 5.72/3.63 = 1.58$

答：(1) 扁平圆弹簧管的管端位移量  $W_1 = 3.63 \text{mm}$ 。

(2) 椭圆形弹簧管的管端位移量  $W_2 = 5.72 \text{mm}$ 。

(3) 压力大小一样，同样尺寸的弹簧管，椭圆形弹簧管的灵敏度为扁平圆弹簧管灵敏度的 1.58 倍。

## 56. 弹簧管的制造工艺过程有哪些？

弹簧管性能的优劣除了依靠精确的设计，合理的选材，

更重要的还必须由完善的制造工艺来保证，尤其是它的稳定性更是如此。

弹簧管的制造工艺过程大致如下：

- (1) 下料；
- (2) 退火；
- (3) 预压扁；
- (4) 封一头；
- (5) 灌填料(灌矾)；
- (6) 封另一头；
- (7) 压扁(精压)；
- (8) 成形(压圆)；
- (9) 整形；
- (10) 切两头；
- (11) 除填料(煮矾)；
- (12) 回火，目的是消除弹簧管制造产生的内应力；
- (13) 自然时效；
- (14) 焊接弹簧管    焊料的锡铅比例：6:4；  
                              焊剂氯化锌溶液比例：ZnCl (25%)  
    + H<sub>2</sub>O (75%)；
- (15) 超静压处理    超压压力：最大工作压力的 130%；  
                              超压时间：30min；  
                              目的：提高弹簧管的比例极限，减小弹性后效。

### 57. 什么叫弹簧管的比例极限？

弹簧管的管端位移量  $W$  在一定范围与作用压力成直线正比例关系(又称线性关系)，但当压力超过某一极限值时，

正比关系就被破坏，通常把位移量  $W$  与压力  $p$  不成正比关系那一点的压力值，叫做弹簧管的比例极限。它是弹簧管极端重要的特性。

从实验中得知，比例极限的高低对弹簧管的弹性后效和弹性迟滞有很大的影响。当压力一定时，比例极限越高，弹性后效和弹性迟滞就会越小。所以提高弹簧管的比例极限是降低弹性后效和弹性迟滞，提高仪表精度最有效的方法。

### 58. 什么叫弹性后效？

当压力停止变动或全部卸载后，弹簧管的自由端不立即完成相应的位移，经过停留一段时间后，才能完成相应的位移，这种现象称之为弹性后效。由图 3-4 所示，当压力由 0 增加到  $p_1$  时，位移由 0 增加到  $W_1$ ，然后在压力  $p_1$  保持不变的情况下，经过一段时间后，位移会继续增大到  $W_2$ 。反之，当压力从  $p_1$  减小到 0 时，位移则从  $W_2$  减小至  $W_3$ ，经过一段时间后，才逐渐降低到零。因此，弹性后效表现为弹簧管承受或卸去压力后，位移发生了时间上的滞后性。

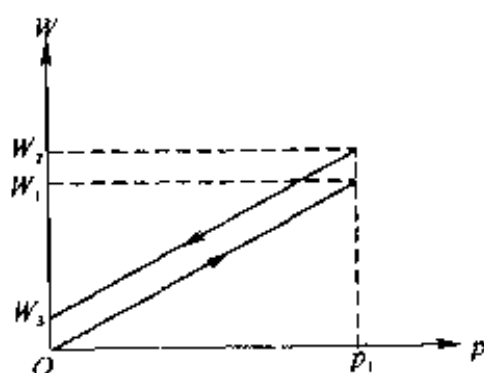


图 3-4 弹性后效

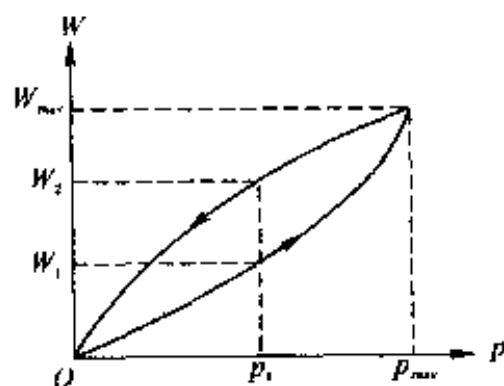


图 3-5 弹性滞后

### 59. 什么叫弹性滞后?

弹簧管在压力加载与卸载过程中, 位移量的进程和回程不相重合, 存在一定的变差称之为弹性滞后, 从图 3-5 可以看出, 在同一压力  $p_1$  下, 弹簧管在加压和卸压时的位移不一致, 分别为  $W_1$  和  $W_2$ 。

### 60. 弹性后效和弹性滞后的区别是什么?

(1) 弹性后效将随着时间的变化而消失, 而弹性滞后是始终存在的。

(2) 弹性后效主要表现在压力表的指针不回零, 弹性滞后主要表现在仪表来回差上。

### 61. 什么叫迟滞误差?

弹性后效和弹性滞后是同时发生的, 表现为两者的叠加, 一般不单独考虑, 而统称为迟滞误差。

迟滞误差是仪表产生指示误差(来回差和指针离零)的根本原因, 因此在设计和制造弹性元件时, 应当采取十分有效的方法, 尽量使迟滞误差减小到最小值。

### 62. 怎样减小弹簧管的迟滞误差?

(1) 在选择弹簧管材料时应选择高弹性极限, 高强度极限和疲劳极限的材料。

(2) 在弹簧管的设计中, 要尽可能提高弹簧管的比例极限。

(3) 在弹簧管的制造中, 要严格执行相关的工艺要求, 如超压、静压工艺和热处理工艺。

63. 什么是弹簧管的疲劳和疲劳极限？

(1) 疲劳：弹簧管在交变压力作用下，导致破坏的过程叫疲劳。这种破坏叫疲劳破坏。

(2) 疲劳极限：一般情况下，弹簧管受到交变负荷，就会产生疲劳。但在某一极限以内，弹簧管反复受载多次，也不会产生疲劳破坏，这一极限就称为疲劳极限。通常弹簧管能承受  $10^6$  次以上反复负荷而不发生疲劳破坏。

64. 什么是弹簧管的永久变形？

在证明弹簧管内油路畅通，有关部件配合良好的情况下，回程总是产生较大误差或表针不回零，则该弹簧管已经发生永久变形。弹簧管的永久变形是无法修理的，应当将压力表报废或降级使用。

65. 机芯有什么作用？

机芯作为压力表元件称为齿轮传动机构，本书中按习惯简称为机芯。

机芯和弹簧管是压力表中最重要两个元件。

在压力的作用下，弹簧管由于变形使管端产生位移，而这一位移往往是非常小的，如弹簧管的自由端的位移量只有几毫米，若要把管端的线性位移变成指针的角位移，指示出刻度值，只有通过机芯才能完成，所以机芯在压力表中起传动和放大的作用。

66. 机芯由哪些元件构成？

如图 3-6 所示，机芯由下夹板、上夹板、支柱、紧固

螺钉、扇齿、中轴齿轮、游丝等构成。

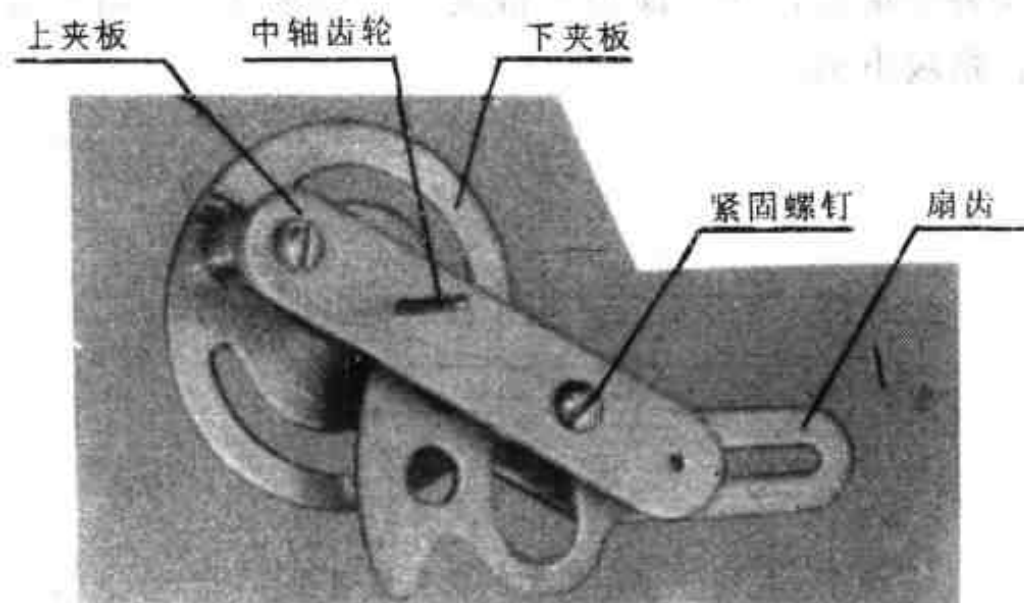


图 3-6 机芯结构图

### 67. 机芯的调节原理是什么？

如图 3-7 所示，弹簧管的管端(A 点)微小位移(AA')通过连杆带动扇齿轮尾部转动，其连杆固定点(B 点)移动的弧长(BB')为：

$$l = r\alpha \quad (3-10)$$

同样扇齿也转了个同一角度  $\alpha$ ，则在轮齿顶端(C 点)(指节圆上)走过的弧长(CC')为：

$$L = R\alpha \quad (3-11)$$

将式(3—10)与式(3—11)相除并移项后得：

$$L = lR/r \quad (3-12)$$

从式(3—12)中可以看出： $L$  的大小决定了中齿轴转角的大小，即指针在表盘上旋转角度的大小。式中， $R$  是个常量， $l$  是管端位移量，也是个常量，而  $r$  是个变量，它可以通过松紧拉杆上的螺丝，在 B 点扇齿尾部槽孔中左右移

动而改变  $r$  的大小，这样可以通过改变  $r$  的大小来达到调整仪表全量的目的，即当全量大时，则加大  $r$ ，当全量小时，则减小  $r$ 。

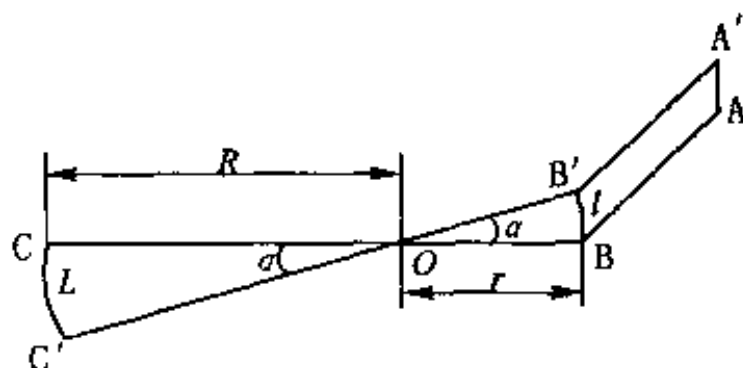


图 3-7 机芯的调整原理图

#### 68. 压力表对机芯有什么要求？

对压力表来说，机芯的传动精度将直接影响仪表的准确度，因此对机芯有一定的要求。

(1) 轴齿轮转角：机芯的啮合转动时，轴齿轮的转动角度不应小于  $360^\circ$ ，当轴齿轮转动了  $360^\circ$  时，扇形齿轮未咬合的齿不应小于 3 个。

(2) 传动平稳性：机芯的齿轮啮合传动时，应平稳灵活，不应有跳动和停滞现象。

(3) 游丝：机芯水平放置时，游丝应处于水平状况。游丝圈的间距应均匀，游丝与支柱的连接应牢固。

(4) 外观：机芯的表面应清洁，不得有污迹及明显的毛刺等缺陷。

#### 69. 机芯中游丝的作用是什么？

(1) 机芯的扇齿在运行中，扇齿和中轴齿的齿牙间是

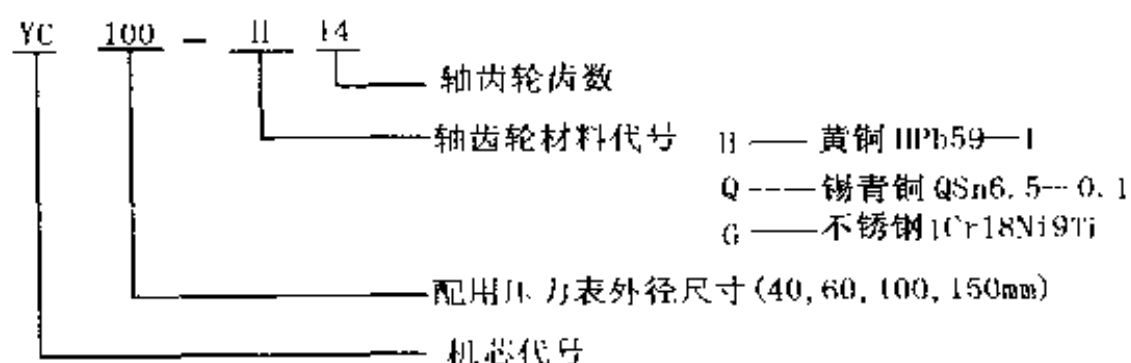


有一定间隙的，在齿轮运转中，游丝产生的反作用力矩，使齿轮副在运动过程中保证中轴齿和扇齿啮合时的单向接触，使指针运转平稳，轻敲位移时示值不变。

(2) 当仪表卸压后，帮助指针返回零位，紧靠盘止钉或在零位分度线内。

## 70. 机芯的型号、规格及主要参数有哪些？

机芯的型号主要包括机芯代号，配用压力表外径尺寸，轴齿轮材料代号，轴齿轮齿数，具体举例如下：



机芯的主要参数包括：模数、传动比、游丝力矩、适用压力范围。

下面将常用机芯的型号及参数列在表 3-5 中，以供读者选用时参考。

表 3-5

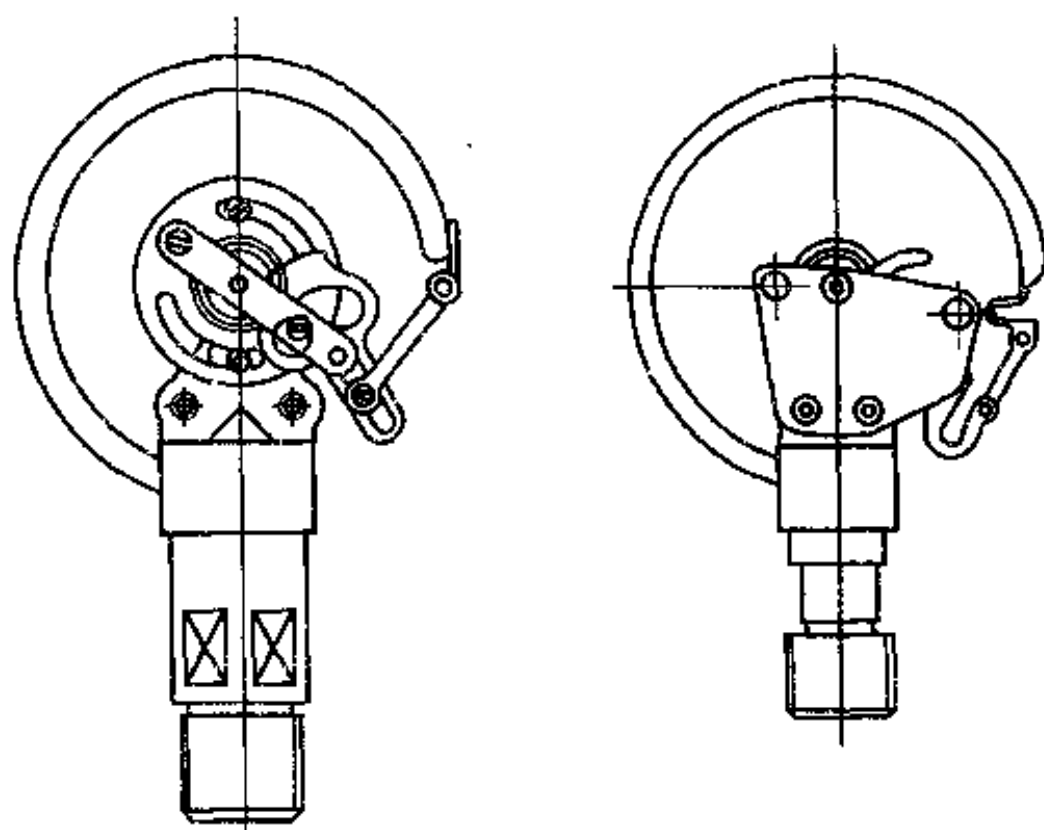
型 号	模 数	中齿数	传动比	游丝力矩/ $\mu\text{N}\cdot\text{cm}/90^\circ$	适用压力范围 /MPa
YC40-H12	0.15	12	11.7	25	$\geq 1.6$
YC40-H14	0.15	16	8.5	25	$\leq 1$
YC60-Q17	0.2	17	9	25	$\leq 1.6$

续表

型 号	模 数	中齿数	传动比	游丝力矩/ $\mu\text{N}\cdot\text{cm}/90^\circ$	适用压力范围 /MPa
YC60-Q10	0.2	10	16	25	$\geq 2.5$
YC100-Q12	0.3	12	10	130	$\leq 1.6$
YC100-Q14	0.2	14	13.1	130	$\geq 2.5$
YC150-Q12	0.3	12	16.7	160	$\geq 2.5$
YC150-Q18	0.3	18	10.8	160	$\leq 1.6$

### 71. 什么是反装机芯?

前文介绍的都是我国压力表采用的传统机芯，也称正装机芯。改革开放以来，国家引进许多大型生产、工艺设备上的压力仪表，大部分采用的是反装机芯结构。而且国



正装机芯压力表

反装机芯压力表

图 3-8 正装机芯和反装机芯的安装方式

内每年出口相当数量的压力表中，应客户的需要多用的也是反装机芯结构，如图 3—8 所示。所谓的正装机芯是用螺钉将机芯下板紧固在接头上，连杆和扇齿的连接也是由螺钉紧固的，均是由转动机芯或移动连杆方式进行仪表的调装。而反装机芯则是将机芯的上板铆接在接头上，再将表盘铆在机芯上，连杆和机芯扇齿的连接也是铆接。据我们掌握的资料，一些先进国家如美国、德国、日本、意大利等国生产的压力表均采用反装机芯结构，它的最大优点是节约材料，降低成本，调校方便，节省工时。其不足是对初次接触到反装机芯压力表的计量检定、维修人员感到很习惯，不知道对这种压力表如何进行维修和调校(本文在后面将专门介绍反装机芯压力表的调校)。

## 72. 反装机芯的型号、参数及相关尺寸有哪些？

反装机芯的型号和主要参数同普通正装机芯一样，但在机芯的选用上必须考虑到其相关的安装尺寸，见图 3-9。

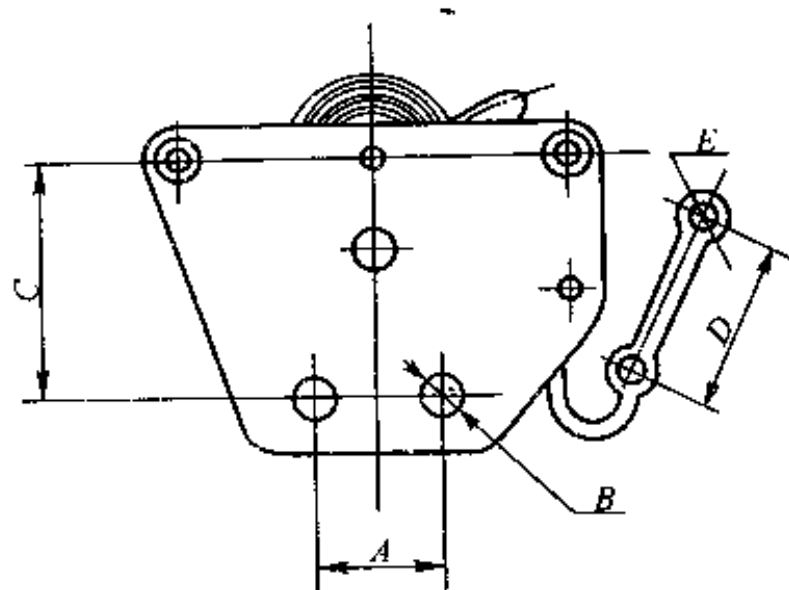


图 3-9 反装机芯的安装尺寸

现将几种常用的反装机芯的相关安装尺寸列于表 3-6。

表 3-6

型 号	A	B	C	D	E
FXC40—H	7	φ2.6	12	10	φ1.5
FXC60—H	9	φ2.9	14.5	10	φ1.5
FXC70—H	12	φ3.6	23	12	φ2
FXC100—Q	12	φ3.6	23	16	φ2

这里特别要说明的是中轴齿小头的锥度正装机芯是 1:50, 而反装机芯一般是 1:25, 所以在用针铰子铰指针针库时, 要注意针铰子的锥度和中齿轴的锥度是否一致。

### 73. 连杆的作用是什么?

(1) 连杆是弹簧管与机芯连接的桥梁, 它起到将弹簧管管端的线位移传递给机芯并转变为机芯的角位移的作用。

(2) 通过移动连杆与机芯扇齿的位置, 可以改变传动比来调整仪表全量的大小。

### 74. 对压力表指针有什么要求?

(1) 指针应使用质量轻且刚度好的材料制造, 以保证指针在仪表突然降压至零位与盘止销猛烈相撞时, 不会弯曲变形。

(2) 指针以针库为中心时, 其指示端与尾端应衡重, 以达到静平衡, 否则会使仪表示值造成“失真”现象而降低仪表的准确性。

(3) 指针与针库之间的铆接应牢固, 不得有松动现象。

针库内孔的锥度一定要和机芯中轴的锥度一致，以保证指针和中轴结合紧固，防止产生相对转动，防止指针在工作中脱落。

(4) 指针的指示部分应遮盖最短标度线长度的  $1/4 \sim 1/3$ 。

(5) 表盘的颜色为白色时，指针正面（可以看到部分）的颜色为黑色或蓝色。表盘的颜色为黑色时，指针正面（可以看到部分）的颜色为白色或黄色。指针不允许反光，以免妨碍读数。

(6) 指针不得有影响外观及形态的缺陷如漆瘤、夹层、毛刺等。

## 75. 对压力表表盘有什么要求？

(1) 表盘上的标度：压力部分应按顺时针方向标度，真空部分应按逆时针方向标度。

(2) 表盘上长标度线采用半粗线和半细线，半粗线的宽度不应超过表 3-7 中的规定。

表 3-7

外壳公称直径/mm	长标度线半粗线部分宽度/mm
40	0.5
60	0.7
100	0.7
150	1.2
200	1.6
250	2.0

(3) 表盘上标度角一般情况下应为  $270^\circ$ 。

(4) 无盘止销的零位分度线，其宽度应等于仪表的允许基本误差。

带盘止销的零位分度线，其“缩格”应等于(或小于)允许基本误差的绝对值。“缩格”的大小和仪表的精度有关，见表 3-8。

表 3-8

仪表精度	1.0 级	1.6 级	2.5 级
缩格角度	$2.7^\circ$	$4^\circ$	$6^\circ$

(5) 仪表表盘上一般应标明：

- a. 制造厂名或商标。
- b. 仪表名称。
- c. 压力单位。
- d. 精度等级。
- e. 计量器具标记及生产许可证编号。
- f. 制造年月及仪表编号。

## 76. 压力表接头螺纹的尺寸有哪些？

我国压力表的标准中规定，仪表接头的螺纹均采用公制螺纹，并应符合表 3-9 中规定。

表 3-9

外壳公称直径/mm	螺纹尺寸	螺纹长度/mm
40	M10 × 1	10
60	M14 × 1.5	14
100, 150, 200, 250	M20 × 1.5	20

## 77. 压力表接头采用的非标准螺纹有哪些？

我国改革开放以来，引进的生产工艺设备上的压力表，除了压力计量单位是各种各样的外，其接头的连接螺纹也是多种多样的。另外，我国每年出口的几百万只压力表中，外商要求的连接螺纹也很少是公制螺纹，就是同一种螺纹，中国、日本和英国的螺纹代号也不一样。例如  $55^\circ$  的  $1/4''$  圆锥管螺纹，我国旧标准中的代号叫“ZG1/4”，新标准中的代号叫“R1/4”，英国的标准中也叫“R1/4”，而日本标准中的代号则是“PT1/4”。以下将几种常用连接螺纹的中外代号对比列在表 3-10 中。

表 3-10 中外螺纹代号对照表

螺纹名称	中 国		国 际	日 本	美 国
	旧标准	新标准			
米制普通螺纹 ( $60^\circ$ )	M14	M14	M14	M14	
圆柱管螺纹 ( $55^\circ$ )	G1/4	G1/4	G1/4	PF1/4	
$55^\circ$ 圆锥管螺纹	ZG1/4	R1/4	R1/4	PT1/4	
$60^\circ$ 圆锥螺纹	Z1/4	NPT1/4	NPT1/4	NPT1/4	NPT1/4

## 78. 对压力表接头螺纹有什么要求？

仪表接头螺纹对仪表的安装牢固，安全正常使用是很重要的，这就要求螺纹齿牙要完好，无崩缺、磨秃和滑牙现象。

螺纹的中径尺寸是否合格，可用螺纹环规进行检查。

螺纹的外径尺寸是否合格，可用卡尺进行检查，其各

种螺纹外径尺寸的允许误差见表 3-11。

表 3-11

接头 螺 纹 代 号	螺 纹 外 径 尺 寸 及 允 差
M10×1	$\phi 10^0_{-0.18}$
M14×1.5	$\phi 14^0_{-0.23}$
M20×1.5	$\phi 20^0_{-0.23}$
G1/4	$\phi 13.16^0_{-0.25}$
G3/8	$\phi 16.66^0_{-0.25}$
G1/2	$\phi 20.95^0_{-0.28}$

### 79. 压力表主要元件的生产标准及代号有哪些?

压力表主要元件的执行标准及代号见表 3-12。

表 3-12

元 件 名 称	标 准 名 称	标 准 代 号
弹 簧 管	压力表用锡铜管	GB8892—88
	黄铜薄壁管	GB8006—87
	不锈钢耐酸钢及薄壁钢管	GB3089—82
机 芯	压力表齿轮传动机构技术条件	JB/T9278—99
游 丝	机械仪表用游丝	GB12159—90
	电测量指示仪表用游丝	GB2788—81
表 盘	表盘及装饰用铝及铝合金板	GB3617—83



## 四、特殊用途压力表

### 80. 什么是特殊用途压力表？

一般压力表和精密压力表主要是从仪表的精度上考虑，多是用来测量对铜及铜合金不起腐蚀作用的气体、蒸汽和液体的压力。但是随着科学技术的发展，一些新行业、新工艺对压力表提出了新的要求，如仪表的工作环境有较大的振动，被测工作介质有各种各样很强的腐蚀性，或被测的压力非常微小，此时，再用一般压力表则无法满足使用要求。

这样，人们制造了适用于不同被测工作介质，不同的工作环境，不同的被测压力值的压力表，称为特殊用途压力表、如耐振压力表、防腐压力表、隔膜压力表、膜盒压力表、膜片压力表等。

### 81. 什么是氧气压力表？

氧气压力表实际上属一般压力表之类，不同的是该类压力表所测量的工作介质是氧气。由于氧气与油脂接触发热燃烧甚至有发生爆炸的危险，所以氧气压力表在工作或校验过程中是绝对禁油的（甘油除外）。必要时要对氧气表进行无油脂检查。

氧气压力表表盘上的仪表名称下画一天蓝色横线，并标以红色“禁油”字样。

82. 什么是乙炔压力表?

专门用来测量乙炔气体的压力表叫乙炔压力表。

乙炔压力表和一般压力表的内外结构并无两样,但对压力表的部分零件的材质有一定要求。

由于含铜量大于 70% 以上的铜和铜合金与乙炔接触具有产生爆炸性乙炔化合物的性质,所以在乙炔压力表的设计、制作中,对能与乙炔气体直接接触的压力表元件(如接头、弹簧管),不能使用含铜量超过 70% 的铜合金。

83. 什么是电接点压力表?

电接点压力表如图 4-1 所示,也属一般压力表。由于在仪表上装有特殊的电气装置,这样在设备达到设定压力时,仪表能指出压力值并控制电气信号通断。

电接点压力表的工作原理是:压力表的指针和设定针上分别装有触头,使用时首先将上限和下限设定针调节至要求的压力范围。当压力变化,达到上限或下限设定值时,指针上的触头与上、下限设定针上的触头相接触,通过电



图 4-1 电接点压力表

气线路使指示灯发出报警信号。也可以通过带继电器及接触器的电气线路来控制被测压力的变化，并使之保持在上下设定的范围内。

电接点压力表分为直接作用式和磁助直接作用式两种。

电接点压力表的设定范围在测量上限的 5% ~ 95% 范围内。

#### 84. 什么是双针双管压力表？

可以用来同时测量并指示 2 个测量点压力值的压力表称双针双管压力表(如图 4-2)。

测量时，两个被测压力通过两个接头分别导入两个互不相通的弹簧管内，并分别指示出各自的压力值。

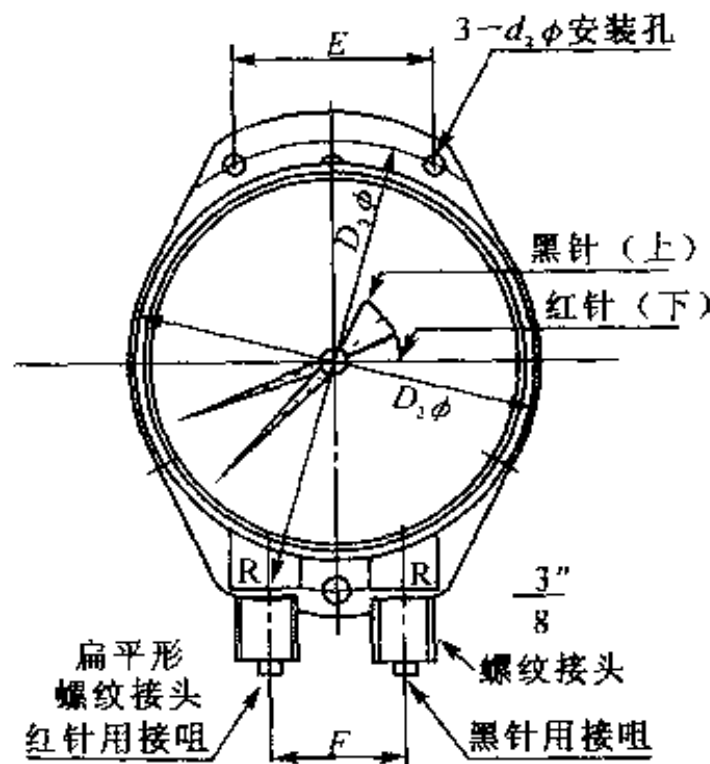


图 4-2 双针双管压力表

### 85. 什么是氨压力表?

氨压力表是指用于测量氨气或液态氨的直接指示式压力表。

氨压力表的弹性元件(指弹簧管)是采用能抵抗氨腐蚀材料制造,其他零件应能抵抗氨腐蚀或镀(涂)以抗氨腐蚀的覆盖层。

因为铜或铜合金是不耐氨腐蚀的,而铁或钢均能耐氨腐蚀,且价格也比较便宜,所以弹簧管和机芯的材料一般采用 1Cr18Ni9Ti 不锈钢,而接头材料一般采用 45 号钢,根据钢铁的防腐要求,接头表面一般可采用煮黑处理。

氨压力表的表盘上的仪表名称下应画一黄色横线。

### 86. 什么是氟压力表?

氟压力表是指在制冷设备中用来测量容器内氟利昂压力的压力表。在仪表表盘上标有 F—12, F—22 等标识,表盘上的刻度采用压力单位和温度单位双刻度。

由于容器中氟利昂的温度和压力有一对应关系,见表 4-1,这样通过氟压表的压力值,就能知道容器内氟利昂的温度。

表 4-1

温 度/℃	压 力/MPa	
	F—12	F—22
-40		0.006 8
-30	0.002 34	0.065
-20	0.053 83	0.147

## 压力仪表 200 问

或表壳内有灌充液并带阻尼器的直接指示式压力表。

抗振压力表如图 4-3 所示。由于表壳采用密封结构，表壳内灌充减振液（常用的是运动粘度为 200 或 300mm<sup>2</sup>/s 的甲基硅油或浓度为 98% 的医用甘油），使指针和机芯均浸泡在油液中，这样在仪表工作环境有激烈振动时，可以减轻指针的摆动，并可润滑传动部件，减少零件磨损，延长使用期限，还可有利于仪表指示的观察。

### 89. 抗振压力表对表壳的密封性能有什么要求？

充油前，将仪表表壳放入水中，从表壳充油孔处加入 0.07MPa 的气压，并保持 5min 后，观察表壳各连接处不得有漏气现象。充油后，表壳各部分应无渗漏现象。



图 4-3 抗振压力表

### 90. 什么是隔膜压力表？

隔膜压力表是指用隔膜装置（内部灌充工作液体）将指示部分与被测介质隔离的压力表。

隔膜压力表的隔膜装置主要分为膜片式和波纹管式两种，而膜片式的用途最为广泛，本文主要介绍的是膜片式

隔膜压力表。

隔膜压力表的工作原理如图 4-4 所示，用专用设备将弹簧管内抽成真空，并充入灌充液，用膜片将其密封隔离。当用隔膜压力表测量压力时，被测工作介质直接作用在隔膜膜片上，膜片产生向上的变形，通过弹簧管内的灌充液将介质压力传递给弹簧管，使弹簧管产生变形，自由端产生位移，再借助连杆带动机芯，使指针在表盘上指示出被测压力值。

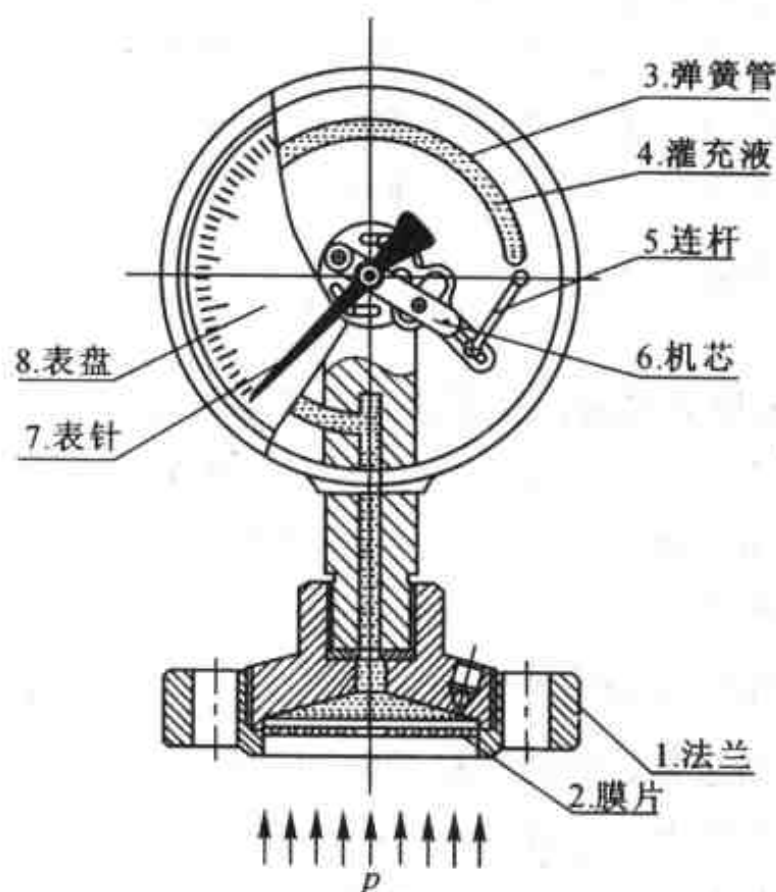


图 4-4 隔膜压力表工作原理

### 91. 隔膜压力表的用途是什么？

当我们测量一般气体、水和油液的压力时，可选用一

一般压力表；当测量硝酸、磷酸、强碱的压力时，可用不锈钢压力表。但是当被测量的介质有很强的腐蚀性（如盐酸、湿氯气、三氯化铁），有很高的粘度（如乳胶），易结晶（如食盐水），易凝固（如热沥青），有固态浮游物（如污水），则再选用以上压力表是不可行的，因为就是 SUS316 不锈钢管也会被盐酸腐蚀，沥青和污水中的浮游物很快会将压力表的导压孔堵塞，而使仪表失去使用功能。隔膜压力表则能解决这些问题，人们可以根据不同的强腐蚀介质而选用不同的耐腐蚀隔膜膜片材质而起到防腐的作用。由于有隔膜膜片，它可以阻止高粘度、易结晶、易凝固的介质流入导压孔内，保证仪表能正常工作。所以隔膜压力表被广泛地用于石油化工、冶金电力、食品制药等工业部门的生产过程压力测量之用。

## 92. 与一般压力表相比，隔膜压力表有什么优点？

隔膜压力表与一般压力表的不同之处在于，用一般压力表测量压力时，被测量的工作介质是直接进入弹簧管内的，而用隔膜压力表测量时，被测量的工作介质不能进入弹簧管内。这样的好处有两点：

（1）制造弹簧管的管材最常用的是黄铜管、锡青铜管、1Cr18Ni9 不锈钢管、SUS316 不锈钢管。而作为其他耐各种腐蚀的材料如纯钛、纯钽、哈氏合金、蒙乃尔合金等的管材由于使用有限，采购不易，但是用来制作膜片的带材，采购起来则容易的多。

（2）作为测量高粘度、易结晶、易凝固介质的压力时，由于有膜片的隔离作用，能保证仪表的正常要求。

### 93. 隔膜压力表有哪几种结构型式?

隔膜压力表主要有 4 种结构型式, 他们是:

#### (1) 螺纹连接

螺纹连接隔膜压力表如图 4-5 所示, 多用在测量腐蚀性较强的气体或液体的压力。膜片一般焊接在上接体下端, 上下接体用螺栓紧固。



图 4-5 螺纹连接隔膜压力表



图 4-6 敞开型法兰隔膜压力表

#### (2) 法兰连接

法兰连接隔膜压力表如图 4-6, 图 4-7, 图 4-8 所示, 多用在测量介质具有腐蚀性强, 且高粘度、易结晶、易凝固或有固态浮游物的压力, 其中图 4-8 所示的散热型法兰隔膜压力表适用于测量介质具有腐蚀性且高温度的压力。



?



图 4-7 工字型法兰隔膜压力表 图 4-8 散热型法兰隔膜压力表  
(3) 夹子连接

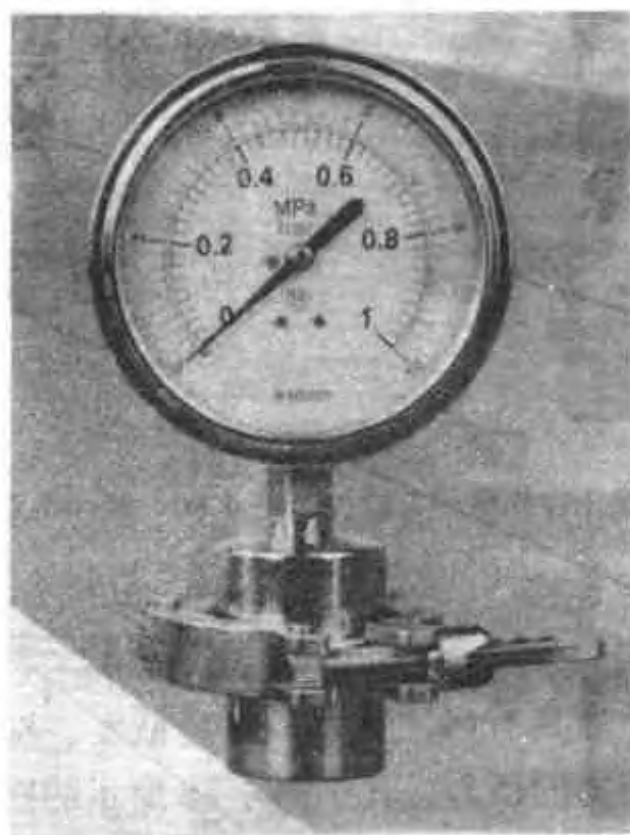


图 4-9 夹子连接式隔膜压力表

夹子连接式隔膜压力表如图 4-9 所示，它主要是由压力表头、上接体及安装用夹子组成。这种连接型式目前在我国的还不多，进口的食品及制药加工设备用的较多，多用于测量有颗粒，有沉淀物的较高温度的压力。由于连接用的夹子拆卸、安装都非常方便，特别有利于外膜片的清洗，能满足食品工业消毒和清洗的需要，所以这种连接型式今后将会越来越多。有的国家及我国有的企业将这种隔膜压力表称为卫生型隔膜压力表。

由于夹子连接密封性能的因素，夹子连接隔膜压力表所测的压力一般不大于 1.6MPa。

#### (4) 软管连接

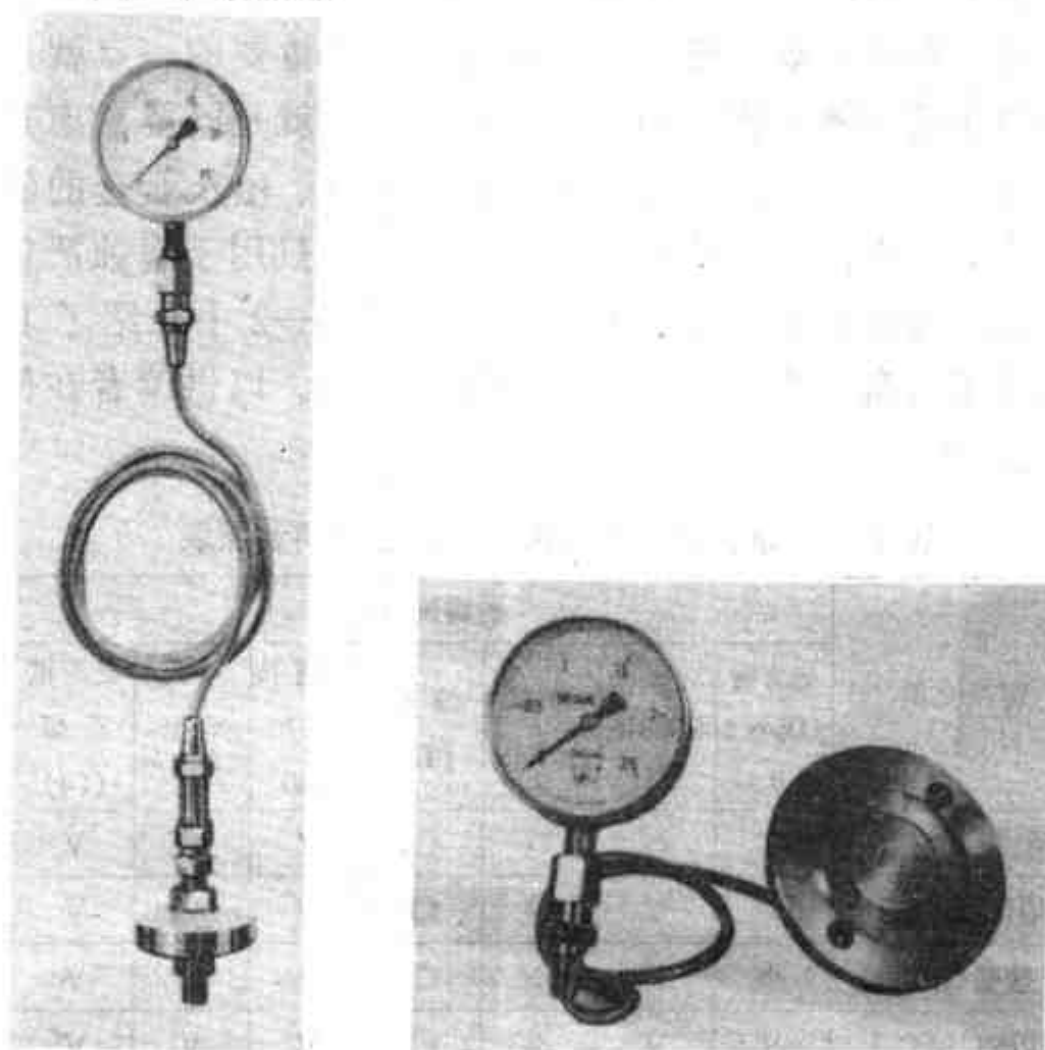


图 4-10 软管连接隔膜压力表

软管连接隔膜压力表又称远接式隔膜压力表，如图 4-10 所示，它主要由压力表表头、金属软管和隔膜接体组成。这种连接式隔膜压力表多用于测量环境恶劣，设备振动较大，介质温度较高或不易于近距离观察的场所，而且工作介质多为腐蚀性的。

#### 94. 怎样选择隔膜压力表的膜片材料？

隔膜压力表的最大优点是：能根据不同的被测腐蚀介质选取不同的膜片材料，以达到最好的耐腐蚀性。目前常用的膜片材料有锡青铜、SUS316 不锈钢、纯钛、纯钽、蒙乃尔合金、哈氏合金、聚四氟乙烯等。在使用隔膜压力表时，除了要正确地选择其结构型式外，更重要的一点就是要合理地选择隔膜膜片的材质。所谓合理就是既要考虑其耐腐蚀性，又要考虑到经济性，例如钽片、哈氏合金的耐腐蚀性能极好，但是这类合金价格昂贵，只用于腐蚀严重而其他廉价的材料不适用的环境中，表 4—2 中介绍了 12 种最常用的腐蚀介质可选择的耐腐蚀材料，以供读者在使用中参考。

表 4—2 常用腐蚀介质选用耐腐蚀材料参照表

腐蚀介质	耐腐蚀材料						
	锡青铜 (QSn6.5-0.4)	SUS316	纯钛 (Ti)	纯钽 (Ta)	蒙耐尔 (Ni70 Cu30)	哈氏 合金 (HC)	聚四氟 乙烯 (F4)
硫酸( $H_2SO_4$ )	√	△	△	⊙	√	√	√
硝酸( $HNO_3$ )	×	√	⊙	⊙	×	√	√
盐酸(HCl)	△	×	△	⊙	×	√	√
磷酸( $H_3PO_4$ )	√	√	△	⊙	√	√	√

续表

腐蚀介质	耐腐蚀材料						
	锡青铜 (QSn6.5-0.4)	SUS316	纯钛 (Ti)	纯钽 (Ta)	蒙耐尔 (Ni70Cu30)	哈氏合金 (HC)	聚四氟 乙烯 (F4)
醋酸( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )	V	V	⊙	⊙	V	⊙	V
烧碱( $\text{NaOH}$ )	△	⊙	⊙	△	⊙	⊙	V
纯碱( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	V	V
小苏打( $\text{NaHCO}_3$ )	V	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	V
氯气( $\text{Cl}$ )	干: V 湿: x	干: V 湿: x	干: x 湿: ⊙	⊙	干: V 湿: x	V	V
溴( $\text{Br}_2$ )	干: △ 湿: x	干: x 湿: △	干: x 湿: V	⊙	干: ⊙ 湿: x	⊙	V
氨水( $\text{NH}_3$ )	x	V	⊙	x	x	⊙	V
海水(30% NaCl)	V	V	V	⊙	⊙	⊙	V

符号说明:

- ⊙——最佳;
- V——可以使用;
- △——有条件使用;
- x——不可以使用。

材料说明:

SUS316——0Cr17Ni12Mo

说明:

(1) 表 4-2 中例举的仅是常用的 12 种腐蚀介质。目前已知的腐蚀介质约有 1500 多种, 不能一一介绍, 如果还不能确定所采用的耐腐蚀材料, 可查阅化学工业出版社出版的《腐蚀数据与选材手册》。

(2) 表 4-2 中的“有条件使用”指选择耐腐蚀材料时, 除了要了解腐蚀介质, 有时还需要考虑到介质的浓度、温度等因素。例如, SUS316 不锈钢对浓度为 40% 硫酸, 在 20℃ 腐蚀率小于 0.1mm/a, 为可以使用; 在 40℃ 腐蚀率大于 10mm/a, 为不可以使用。

(3) 选择膜片材料时既要考虑其耐腐蚀性能, 又要考虑其经济性。例如钽片、哈氏合金的耐腐蚀性能极好, 但这类合金价格较昂贵, 只用于腐蚀严重而其他廉价材料不适用的环境中。

兰和敞开型法兰。其连接的尺寸和密封面尺寸，推荐采用图 4-11 及表 4-4；图 4-12 及表 4-5；图 4-13 及表 4-6 中的规定。

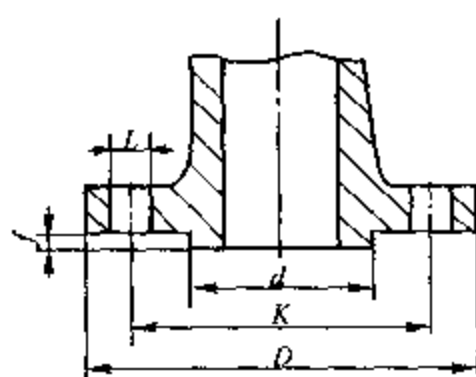


图 4-11

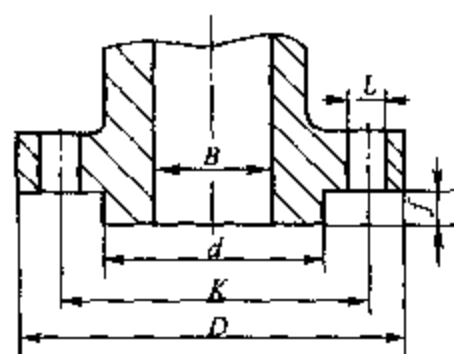


图 4-12

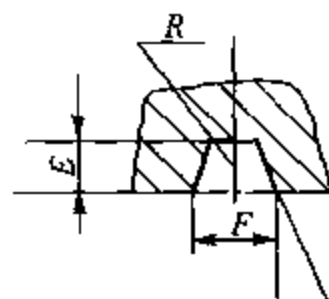
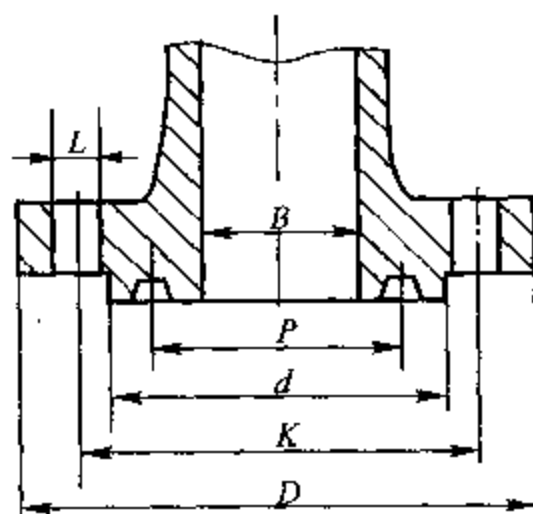


图 4-13

表 4-4

公称压力 /MPa	公称通径 /mm	连 接 尺 寸					密封面	
		<i>D</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>n</i>	Th	<i>d</i>	<i>f</i>
1.6	15	95	65	14	4	M12	46	2
	20	105	75	14	4	M12	56	2
	25	115	85	14	4	M12	65	3
	32	140	100	18	4	M16	76	3
	40	150	110	18	4	M16	84	3
	50	165	125	18	4	M16	99	3
	65	185	145	18	4	M16	118	3
	80	200	169	18	4	M16	132	3

注：

*D*——法兰外径，mm；

Th——螺栓螺纹；

*K*——螺栓孔中心圆直径，mm；

*d*——密封面直径，mm；

*L*——螺栓孔径，mm；

*f*——密封面高度，mm。

*n*——螺栓数量；

表 4-5

公称压力 /MPa	公称通径 /mm	连接尺寸						密封面	
		<i>B</i>	<i>D</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>n</i>	Th	<i>d</i>	<i>f</i>
10	15	13	95	66.5	16	4	M14	34.9	7
	20	19	120	82.5	20	4	M18	42.9	7
	25	25	125	89.0	20	4	M18	50.8	7
	32	32	135	98.5	20	4	M18	63.5	7
	40	38	155	114.5	22	4	M18	73.0	7
	50	51	165	127.0	22	8	M20	92.1	7
	65	64	190	149.0	22	8	M20	104.8	7
	80	76	210	168.5	22	8	M20	127.0	7

注:

*B*—法兰内径, mm;

*D*—法兰外径, mm;

*K*—螺栓孔中心圆直径, mm;

*L*—螺栓孔径, mm;

*n*—螺栓数量;

Th—螺栓螺纹;

*d*—密封面直径, mm;

*f*—密封面高度, mm。

表 4-6

公称 压力 /MPa	公称 口径 /mm	连 接 尺 寸						密 封 面					槽 号
		B	D	K	L	n	Th	d	P	E	F	R	
25	15	13	120	82	22	4	M20	60	40	6.4	8.7	0.8	R12
	20	17	130	89	22	4	M20	66	44	6.4	8.7	0.8	R14
	25	22	150	101	26	4	M24	71	51	6.4	8.7	0.8	R16
	32	29	160	111	26	4	M24	81	60	6.4	8.7	0.8	R18
	40	35	180	124	26	4	M24	92	68	6.4	8.7	0.8	R20
	50	48	215	165	30	8	M27	124	92	7.9	11.9	0.8	R24
	65	57	245	190	30	8	M27	137	108	7.9	11.9	0.8	R27
	80	76	270	203	33	8	M30	168	136	7.9	11.9	0.8	R35
42	15	11	135	89	22	4	M20	65	43	6.4	8.7	0.8	R13
	20	14	140	95	22	4	M20	73	51	6.4	8.7	0.8	R16
	25	19	160	108	26	4	M24	82	60	6.4	8.7	0.8	R18
	32	25	185	130	30	4	M27	102	72	7.9	11.9	0.8	R21
	40	29	205	146	30	4	M27	114	82	7.9	11.9	0.8	R23
	50	38	235	171	33	8	M30	133	101	7.9	11.9	0.8	R26
	65	48	270	197	33	8	M30	149	111	9.5	13.5	0.8	R28
	80	57	305	305	36	8	M33	168	127	9.5	13.5	1.5	R32

注:

B—法兰内径, mm;

d—密封面直径, mm;

D—法兰外径, mm;

P—梯形槽中心圆直径, mm;

K—螺栓孔中心圆直径, mm;

E—梯形槽深度, mm;

L—螺栓孔径, mm;

F—密封槽宽度, mm;

n—螺栓数量;

R—密封槽底过渡圆半径, mm。

Th—螺栓螺纹;

法兰厚度应在保证安全的前提下, 按不同的测量范围自行设计, 或按用户的要求协商制作其他型式的法兰。

## 97. 什么是膜片压力表?

膜片压力表是指以金属膜片为弹性敏感元件的压力表。



膜片压力表的工作原理是：

在压力的作用下，膜片产生变形位移，并借助固定在膜片中心的连杆带动机芯指示出压力值。

同隔膜压力表一样，膜片压力表的优点是能根据不同的被测腐蚀介质，选取不同的膜片材料，以达到最好的耐腐蚀性。

### 98. 膜片压力表的基本结构是什么？

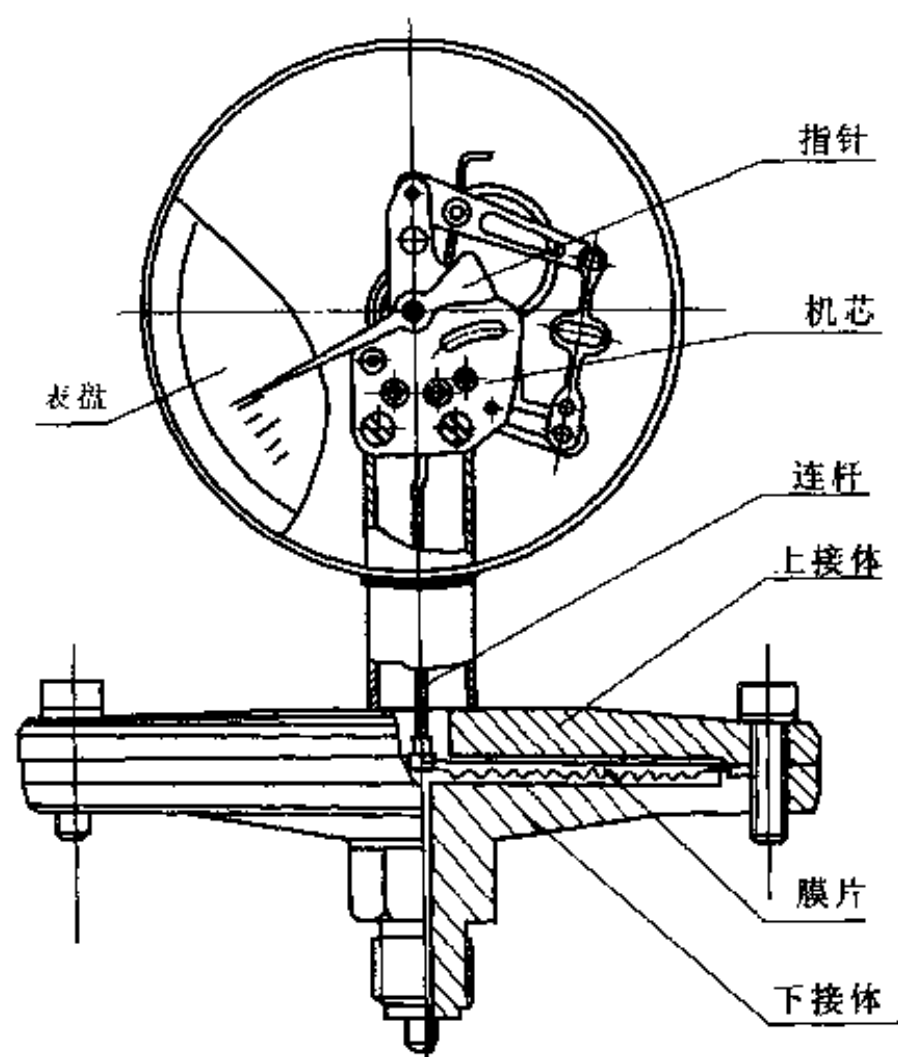


图 4-14 膜片压力表的结构图

如图 4-14 所示,膜片压力表主要由以下零部件组成,它们分别是:下接体、上接体、膜片、连杆、机芯、指针、表盘。

### 99. 膜片压力表和隔膜压力表的区别是什么?

在所接触的压力表用户中,常常会有这样的事,他们明明需要的是隔膜压力表,而在寄来的合同或来函中写的却是膜片压力表,之所以会出现这种情况,就是因为这两种压力表中都有膜片。隔膜压力表和膜片压力表的区别见表 4-7。

表 4-7

	膜片压力表	隔膜压力表
膜片的作用	起弹性敏感元件的作用	仅起隔离和传压作用
测量范围	最大测量范围为 4MPa 最小测量范围为 0.001MPa	最大测量范围为 60MPa 最小测量范围为 0.06MPa

### 100. 什么是膜盒压力表?

膜盒压力表也称为微压表。

它是为了增加膜片的位移量,提高压力表的灵敏度而把两个同心膜片焊接在一起,做成空心膜盒,并用膜盒作为弹性敏感元件用来测量微小压力的压力表叫膜盒压力表。

### 101. 膜盒压力表的基本结构是什么?

如图 4-15 所示,膜盒压力表主要由以下零部件组成,

而产生位移，此位移借助连杆带动机芯中轴转动，由指针将被测压力值在表盘上指示出来。

### 103. 膜盒压力表的用途是什么？

膜盒压力表主要是用来测量微小气压和负压。

其测压范围和仪表精度一般按下表 4-8 中的规定：

表 4-8

精 度 等 级	测 量 范 围
1.6	1 ~ 40kPa
2.5, 4	0.16 ~ 0.6kPa

### 104. 什么是远传压力表？

既能在现场指示压力，又能在远距离进行压力的显示与控制的仪表称之为远传压力表。在工业生产过程中，由于现场的特定条件限制，例如在高动态负荷下的测量点，或有爆炸危险的测量点，或需远距离的测量点又不可能由工作人员现场照顾时，就需用远传压力表来完成。

远传压力表一般有电位器式远传压力表(又称电阻式远传压力表)和差动远传压力表两种。

### 105. 什么是电位器式远传压力表？

电位器式远传压力表，又称电阻式远传压力表。它是由一个弹簧管和一个滑动电位器式传感器组成。如图 4-16 所示，电位器固定在接头上，而电刷与弹簧管的动机构相连接，当被测压力变化时，弹簧管的自由端产生位移，一

方面通过机芯带动指针转动指示出压力值；另一方面带动电刷在电位器上滑动，输出一个与被测压力成正比的电阻信号，远传给二次仪表(显示仪表)，做到既可近距离观察又可远距离控制。

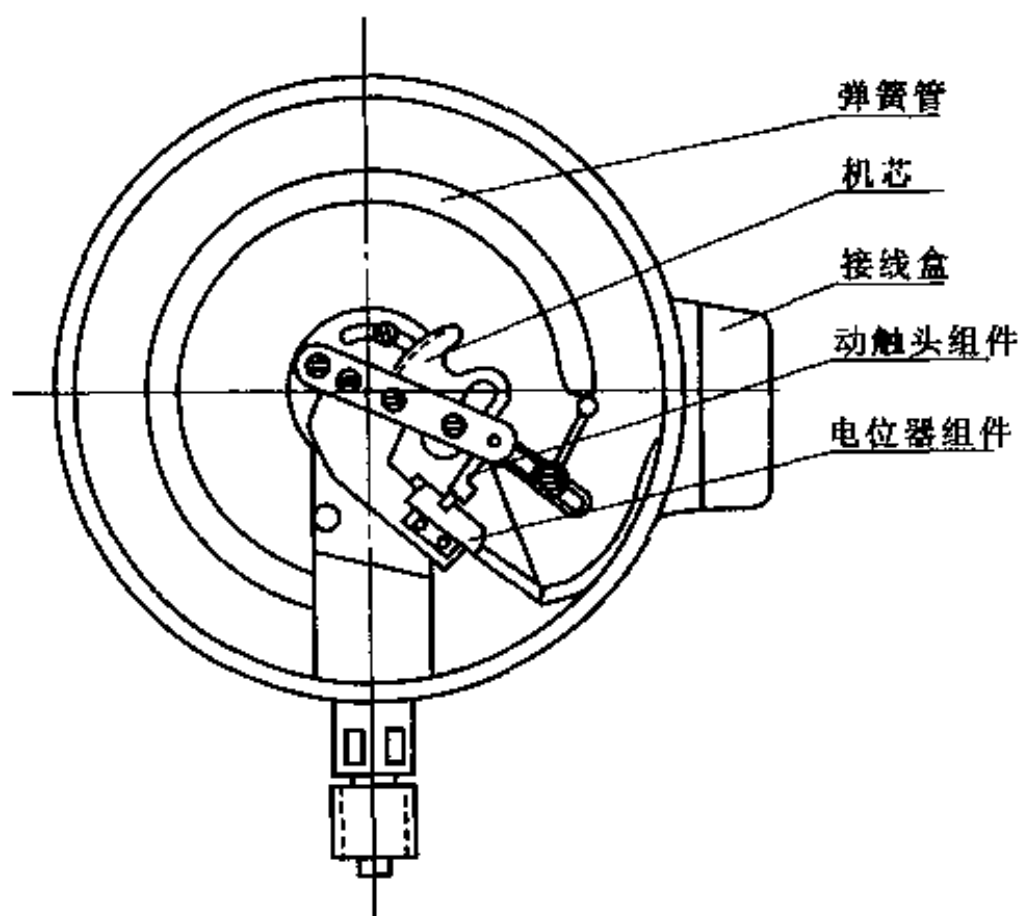


图 4-16 电位器式远传压力表结构图

#### 106. 什么是差动式远传压力表？

差动式远传压力表由弹簧管压力表和压力变送器两部分组成，它具有现场压力指示和将压力信号转为远传电信号输出两种功能。

差动式远传压力表工作原理是：

如图 4-17 所示，当被测压力变化时，弹簧管的自由

端产生位移，一方面通过机芯带动指针转动指示出压力值；另一方面也带动差动变压器的铁芯产生位移。差动变压器初级接一振荡电压，次级是两个反串联的绕组，当差动变压器铁芯位于对称中心时，差动值为零，当铁芯随压力的变化而产生相应的位移时，也就产生了相应差动信号。这一差动信号，经过电压放大，电压—电流转换，输出标准的  $0 \sim 10\text{mA}$  (DC) 或  $4 \sim 20\text{mA}$  (DC) 电流信号，再传给二次仪表(显示仪表)，做到既可近距离观察又可远距离控制。

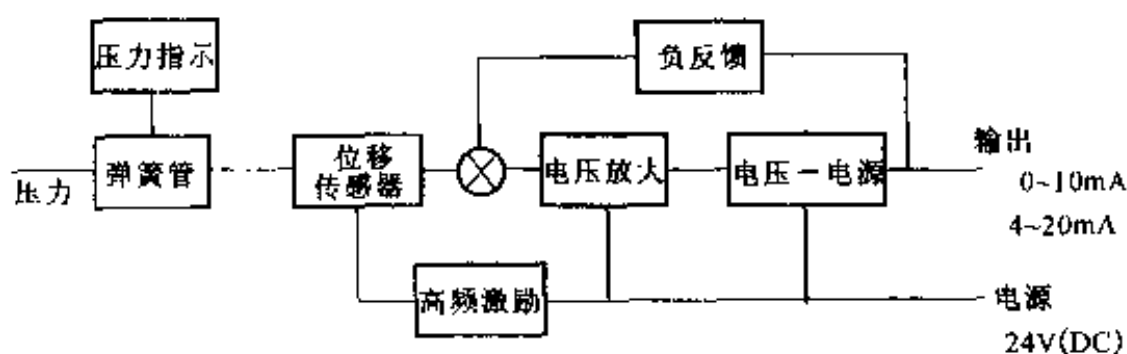


图 4-17 差动远传压力表工作原理图

### 107. 什么是船用压力表？

船用压力表适用于测量船舶装置内的压力，它除了具备一般压力表的功能外，还应具备以下功能：

- (1) 仪表在偏离安装位置  $\pm 22^\circ$  的摇摆情况下能正常工作。
- (2) 仪表具有防溅性能，其防护等级能满足 IPX4 级要求。
- (3) 仪表具有一定的抗振性能，在振幅为  $\pm 1\text{mm}$ ，频率小于  $13\text{Hz}$  的振动条件下能正常工作。
- (4) 仪表具有抗盐雾能力，在海洋性气候中使用对仪

表无腐蚀。

(5) 仪表的指针及表盘上的刻度标记均涂有永久性发光剂，保证在黑暗中能对仪表的压力值进行观察。

### 108. 各种压力表的正常工作环境温度是多少？

各种压力表的标准中规定了它们的正常工作环境温度：

一般压力表	$-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$
精密压力表	$5 \sim +40^{\circ}\text{C}$
电接点压力表	$-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$
氨压表	$-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$
膜盒压力表	$-25 \sim +55^{\circ}\text{C}$
膜片压力表	$-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$
抗振压力表	$-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$
隔膜压力表	$-20 \sim +60^{\circ}\text{C}$
电位器式远传压力表	$-40 \sim +60^{\circ}\text{C}$

### 109. 压力表的耐热温度是多少？

在我国各种压力表的标准中，一般只规定了仪表正常工作环境温度，如一般压力表是  $-40 \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，膜盒压力表是  $-25 \sim 55^{\circ}\text{C}$ ，而没有规定最高的耐热温度。虽然有的压力表厂生产耐热压力表或耐高温压力表，但是也很少有厂家明确提出仪表耐热温度或耐高温的温度。这也令压力表的使用者感到为难。

所谓耐热或耐高温压力表的使用温度是多少？是工作环境温度还是测量的工作介质温度？

这里首先要了解各种压力表弹簧管焊接时的焊接温度，它们分别是：

?

焊接方式	焊接温度	适用范围
钎焊 (锡焊)	120℃	多用于铜接头与铜材弹簧管的焊接
银焊	600℃	多用于铜接头与不锈钢材弹簧管的焊接
氩弧焊	1500℃	多用于钢接头与不锈钢材弹簧管的焊接

所以一般来说,只要知道了压力表弹簧管的焊接方式,也就能知道该种压力表所能耐的最高环境温度,即:钎焊式压力表能在 + 120℃ 以下正常工作,银焊式压力表能在 + 600℃ 以下正常工作,氩弧焊式压力表能在 + 1500℃ 以下正常工作。

另外,对耐热或耐高温压力表用的一些元件的材质也有一定的要求,如仪表用的衬圈就不得使用塑料的,而应使用铝的或其他耐高温的材料;仪表的表盘也不得使用塑料盘,而应使用铝盘或铁表盘。因为在较高的温度下,塑料衬圈和表盘会发生变形而影响指针的运转,使仪表失去使用功能。

#### 110. 如何对高温工作下压力表的指示值进行修正?

由弹性元件的温度影响特性可知,弹簧管周围环境温度发生变化时,会引起材料的弹性模量的改变。由于弹性元件常用材料的温度系数  $\beta_t$  为负数,所以当周围环境温度上升时,弹性模量减少,弹簧管管端位移量增大,这种由温度变化引起的仪表误差叫温度误差。

所以仪表在高温环境下工作时,压力表的指示值并不是被测压力的实际值。应对仪表压力指示值进行修正。

其修正方法可用式 (4—1) 表示:

$$p_{\text{实}} = p_t - \Delta p \quad (4-1)$$

式中:  $p_{\text{实}}$ ——仪表测量的实际压力值, MPa;

$p_t$ ——在温度为  $t$  时的压力指示值, MPa;

$\Delta p$ ——仪表工作环境温度偏离 25℃ 时的压力温度误差, MPa。

其中: 
$$\Delta p = p \times k \Delta t \quad (4-2)$$

式中:  $p$ ——仪表的量程, MPa;

$k$ ——0.04%/℃;

$\Delta t$ ——仪表工作环境温度 - 25℃。

例: 现有一台 YM—100 耐热压力表, 量程为 0 ~ 6MPa, 精度等级为 1.6 级。在仪表工作环境温度为 90℃ 时, 仪表指示压力值是 4MPa, 问该仪表所测实际压力值是多少?

$$\begin{aligned} \text{解: 压力温度误差 } \Delta p &= p \times k \Delta t \\ &= 6 \times 0.04\% \times (90 - 25) \\ &= 0.16 \text{ (MPa)} \end{aligned}$$

$$p_{\text{实}} = p_t - \Delta p = 4 - 0.16 = 3.84 \text{ (MPa)}$$

答: 该仪表所测实际压力值是 3.84MPa。



## 五、压力表的检定

### 111. 为什么要对压力表进行检定?

由于压力表经过一段时间的使用,内部机件受到磨损和变形,导致仪表产生各种故障或量值的变化,从而损失精度,产生超差现象。为了保证压力表量值的准确性,以达到指示正确、安全可靠运行的目的,故应对压力表进行周期检定。

### 112. 压力表的检定周期是怎样规定的?

根据压力表检定规程中的要求,压力表的检定周期可根据具体情况而定。但是,一般压力表的检定周期一般不应超过半年;精密压力表的检定周期最长为一年。

### 113. 压力表的检定为什么必须执行压力计量检定规程?

计量检定规程是进行检定计量器具的计量性能,判断计量器具是否合格而制定的技术性文件,是压力计量检定人员执行检定任务的法定依据。

在压力计量检定中应执行计量检定规程,以确保测量方法的统一,计量器具的量值准确一致,使全国和计量器具的量值都能在一一定的允差范围内,并溯源到国家计量基准。

**114. 现行的压力仪表检定规程有哪几种?**

到目前为止,国家编制了有关压力仪表的计量检定规程共有以下几种:

- (1) JJG49—99 弹簧管式精密压力表及真空表检定规程
- (2) JJG52—99 弹簧管式一般压力表、压力真空表及真空表检定规程
- (3) JJG337—83 弹簧管式超高压压力表检定规程
- (4) JJG573—88 膜盒压力表试行检定规程

**115. 压力表检定时对环境温度有什么要求?**

压力表检定规程中规定:

- (1) 精密压力表检定时环境温度:

0.25 级为  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ;

0.4 级为  $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 。

精密压力表应在规定的检定温度下放置 2h 以上方可进行检定。

- (2) 一般压力表检定时环境温度: 为  $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

**116. 压力表检定时对工作介质有什么要求?**

压力表检定规程中规定:

对测量上限值不大于 0.25MPa 的压力表,工作介质须为空气或其他无毒、无害、化学性能稳定的气体。

对测量上限值大于 0.25MPa 的压力表,工作介质可为液体,例如变压器油、药用蓖麻油、甘油混合液(甘油 7/水 3)等。

**117. 精密压力表检定用标准器有什么要求？**

精密压力表检定用标准器有：

- (1) 活塞式压力计；
- (2) 活塞式压力真空计；
- (3) 液体压力计；
- (4) 其他符合标准仪器误差要求的压力计量标准器。

检定时，标准器的允许误差绝对值应不大于被检精密压力表允许误差绝对值的  $1/4$ 。

注：二等标准活塞式压力计的精度为  $\pm 0.05\%$ ；

三等标准活塞式压力计的精度为  $\pm 0.2\%$ 。

**118. 一般压力表检定用标准器有什么要求？**

一般压力表检定用标准器有：

- (1) 弹簧管式精密压力表；
- (2) 弹簧管式精密真空表；
- (3) 活塞式压力计；
- (4) 活塞式压力真空计；
- (5) 液体压力计；
- (6) 其他符合标准仪器误差要求的压力计量标准器。

检定时，标准器的允许误差绝对值应不大于被检一般压力表允许误差绝对值的  $1/4$ 。

**119. 压力表检定用辅助设备有哪些？**

检定不同压力表所用的辅助设备各不相同，大致有以下几种可供选用：

- (1) 压力校验器、真空校验器；
- (2) 手操泵、电动泵、真空泵；

- (3) 油—气、油—水隔离器；
- (4) 电接点信号发讯设备；
- (5) 高阻表：500V (DC)，2.5 级；
- (6) 超高压表安全防护设备。

### 120. 什么是液体压力计？

利用液柱自重产生的压力与被测压力平衡的原理而制成的压力计称为液体压力计。

液体压力计的优点是：结构简单，使用方便，读数直观，有较高的准确度；

其不足是：量程受液柱高度的限制，玻璃管易损坏，只能就地指示而不能给出远传信号。

液体压力计多用于测量较低的压力，其测量范围从几十 Pa 至 300kPa。

液体压力计按结构类型可分为：

U 型管压力计(双管压力计)；

杯形压力计(单管压力计)；

倾斜式微压计；

补偿式微压计；

钟罩式压力计。

### 121. 怎样正确使用和维护液体压力计？

液体压力计虽然具有结构简单，使用方便，测量准确度高优点，但如果使用和维护不当，则会出现测量结果达不到应有的准确度，因此应当注意正确使用和维护液体压力计：

- (1) 仪器的使用人员应首先阅读仪器的使用说明书，

## 压力仪表 200 问

全面了解仪器的性能结构、工作原理及注意事项。

(2) 压力计的安装和放置时,若仪器上有铅垂线,应对好铅垂位置;若有水平泡的,调好仪器的水平位置,以减少或避免由此产生的系统误差。

(3) 压力计使用的工作介质应符合有关检定规程的要求。常用的工作液有:蒸馏水、纯净的汞和酒精。

(4) 当向压力计中灌注工作介质后,应充分排除介质内积存的空气。

排气方法是:缓慢加压,使液柱升高,当液柱升到测量中值时可稍快加压,接近测量上限,缓慢加压直至测量上限,如此反复几次,则可将工作介质中的气体排除干净。

(5) 密封性检查:向压力计加压至测量上限,关闭压力源,保持 10min,若后 5min 的示值不变,则认为压力计的密封性符合要求。

(6) 调整液柱的零点示值,可分为粗调和精调两步进行:

粗调:向压力计容器中加入工作液时,应使液面略高于零点刻度线。

精调:对压力计进行排除空气,再进行零点调整。

(7) 压力计与压力源之间的连接管,最好是软管,并要求在极限压力下不产生变形,而测量负压的软管最好用真空管。

(8) 液体压力计检定和使用的环境温度是:

一等压力计:  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , 温度波动不超过  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;

二等压力计:  $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , 温度波动不超过  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;

三等压力计:  $(20 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ , 温度波动不超过  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

(9) 仪器应定期清洗，定期更换工作介质，定期检定，检定周期一般为 2 年。

(10) 压力计使用完毕后，将压力全部卸压。

仪器常期不用，应将能接通大气的管子堵塞或加防尘罩，以免液面脏污。

### 122. 什么是活塞式压力计？

利用压力作用在活塞上的力与砝码产生的重力相平衡的原理制成的压力计称为活塞式压力计。

活塞式压力计在压力计量技术中占有重要的地位。

活塞式压力计的优点是：测量范围宽，由  $-0.1 \sim 2500\text{MPa}$ ；准确度高，由  $0.002\% \sim 0.2\%$ ；结构简单，使用方便。

其不足是：由于活塞与活塞筒之间有间隙，在压力的作用下，工作液易发生泄漏，测压时，要加减砝码，使压力测量点的压力值不能连续显示。

### 123. 活塞式压力计的基本结构有哪些？

活塞式压力计由活塞系统、专用砝码和校验器 3 大部分组成，如图 5-1 所示。

活塞系统——活塞系统是由活塞和活塞筒组成的测压部件；

专用砝码——专用砝码是由一组质量不同的带有轮辐的圆盘组成；

校验器——校验器是用来安装活塞系统，被检仪器并有造压功能的底座，它是由压泵、油杯、阀和连接管等组成。

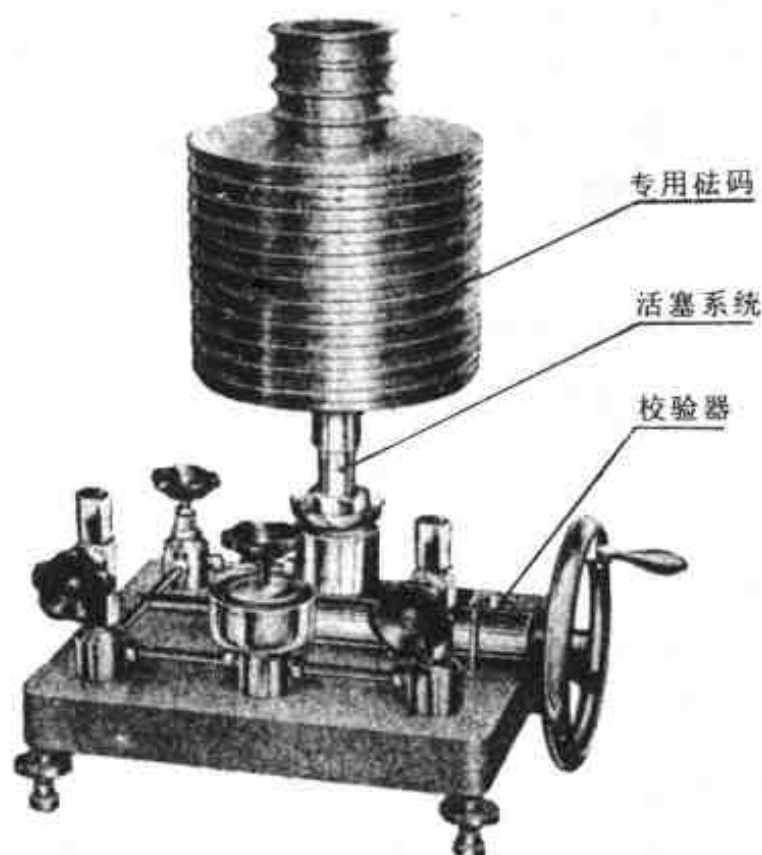


图 5-1 活塞式压力计

124. 影响活塞式压力计性能的基本参数有哪些？

影响活塞式压力计性能的基本参数有以下几项：

(1) 活塞有效面积

标准中要求活塞有效面积平均值和单独值之间的相对误差：

对于 0.05 级压力计不大于  $\pm 0.02\%$ ；

对于 0.2 级压力计不大于  $\pm 0.1\%$ 。

(2) 专用砝码质量

专用砝码，带有底盘装置的活塞的实际质量与根据活塞有效面积计算的质量间误差：

对于 0.05 级压力计不大于  $\pm 0.02\%$ ；

对于 0.2 级压力计不大于  $\pm 0.05\%$ 。

### (3) 活塞转动延续时间

在测量上限 50% 负荷条件下, 且活塞按顺时针方向转动的初角速度为  $(120 \pm 10) \text{ r/min}$  时, 活塞转动延续时间应不小于表 5-1 的规定。

表 5-1

测量上限值 /MPa	活塞转动延续时间 /min
0.6	2.5
6, 25, 60	5
250	10

### (4) 活塞下降速度

在测量上限的负荷条件下, 活塞下降速度应不大于表 5-2 的规定:

表 5-2

测量上限值 /MPa	活塞下降速度 /mm·min <sup>-1</sup>	
	0.05 级	0.2 级
0.6	1	2
6	0.5	1.5
25		
60		
250		



## 125. 怎样正确使用活塞式压力计?

一台合格的活塞压力计若操作不当,那么这台活塞压力计的准确度就不能得到保证,因此必须对活塞压力计进行正确地操作使用:

(1) 对新购置的活塞压力计要用高标汽油对活塞系统、压力泵、油杯、管路进行反复清洗。清洗完毕,待汽油全部挥发后,注入清洁的工作介质(变压器油或药用蓖麻油)。

(2) 活塞压力计应安置在便于操作,牢固无振动的工作台上,台面用坚固且富有弹性的材料制成。除放置压力计和砝码外,台面上还应留有适当的空间方便记录和放置必要的工具。

(3) 活塞压力计须用水准器进行调整,使承重盘平面处于水平位置,同时保证活塞杆的垂直度。

(4) 活塞压力计使用时应缓慢升压和降压,如急速加,减压力,不仅会冲击活塞,而且会有危险。特别是在活塞有负荷的情况下,用打开油杯阀门进行减压,则更具危险,这种操作应当禁止。

(5) 活塞上加、减砝码时,应轻拿轻放,上下砝码应入槽中。若砝码偏心,不仅会引起测量误差,而且会加速活塞系统的磨损。

(6) 使用活塞压力计时,应按顺时针方向以 30 ~ 60 r/min 初速度转动砝码,并使承重盘底面对准限止器基面。

(7) 压力计使用时环境温度要求:

0.05 级、0.2 级活塞压力计,使用温度为  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

(8) 活塞压力计的检定周期最长为 2 年。

(9) 活塞压力计不使用时，应用防尘罩罩好，以防止灰尘和异物落在仪器上。

## 126. 什么叫仪表的绝对误差？

仪表的绝对误差又称测量误差或简称为误差。

绝对误差是指测量值与真值之差，它有正负号之分，可用式(5—1)表示：

$$\text{绝对误差} = \text{测量值} - \text{真值} \quad (5-1)$$

例：用一台 0.25 级的精密压力表来检定一块 1.6 级的工作压力表，当精密压力表的指示值为 1.6MPa 时，工作压力表的指示值是 1.58MPa，问被检压力表的误差是多少？

$$\begin{aligned} \text{解：绝对误差} &= \text{测量值} - \text{真值} \\ &= 1.58 - 1.6 = -0.02(\text{MPa}) \end{aligned}$$

答：被检压力表的误差是 -0.02 MPa。

## 127. 什么叫仪表的相对误差？

仪表的相对误差是指绝对误差与真值之比的百分数，可用式(5—2)表示：

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\% \quad (5-2)$$

例：用一台量程是 4MPa，精度为 0.25 级的精密压力表检定一台量程是 2.5MPa，精度为 1.6 级的压力表。在 1MPa 和 1.6MPa 处被检压力表的指示值分别是 0.98MPa 和 1.62MPa，问这两个检定点的绝对误差和相对误差各是多少？

## 压力仪表 200 问

解：1MPa 检定点：

$$\text{绝对误差} = 0.98\text{MPa} - 1\text{MPa} = -0.02\text{MPa}$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\% = \frac{-0.02}{1} \times 100\% = -2\%$$

1.6MPa 检定点：

$$\text{绝对误差} = 1.62\text{MPa} - 1.6\text{MPa} = 0.02\text{MPa}$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\% = \frac{0.02}{1.6} \times 100\% = 1.25\%$$

答：1MPa 和 1.6MPa 的绝对误差分别 - 0.02MPa 和 0.02MPa；相对误差分别是 - 2% 和 1.25%。

### 128. 什么叫仪表的引用误差？

仪表的引用误差是指绝对误差与测量上限（或量程）之比的百分数，可用式(5—3)表示：

$$\text{引用误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{测量上限}} \times 100\% \quad (5-3)$$

例：用一台量程是 4MPa，精度为 0.25 级的精密压力表检定一台量程是 2.5MPa，精度为 1.6 级的压力表。各检验点的最大误差是 0.03MPa，问该压力表的引用误差是多少？

$$\text{解：引用误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{测量上限}} \times 100\% = \frac{0.03}{2.5} = 1.2\%$$

答：这台压力表的引用误差是 1.2%。

### 129. 什么是压力表的量程？

压力表的量程一般是指压力真空表两极限之差，可用式(5—4)表示：

$$\text{量程} = \text{测量上限} - \text{测量下限} \quad (5-4)$$

例：一台压力真空表的测量范围为  $-0.1 \sim 0.15\text{MPa}$ ，问该压力真空表的量程是多少？

解：

量程 = 测量上限 - 测量下限 =  $0.15 - (-0.1) = 0.25 (\text{MPa})$

答：该压力真空表的量程为  $0.25\text{MPa}$ 。

### 130. 什么是压力表的示值基本误差限？

压力表的示值基本误差限用引用误差表示，其值不应超出表 5-3 的基本误差限。

表 5-3

精度等级	0.1	0.16	0.25	0.4
基本误差限	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.16\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.4\%$
精度等级	1	1.6	2.5	4
基本误差限	$\pm 1\%$	$\pm 1.6\%$	$\pm 2.5\%$	$\pm 4\%$

### 131. 什么是压力表的允许误差值？

压力表的允许误差值又称压力表的允许误差，它是指仪表的测量上限(或量程)和仪表的基本误差限的乘积，其计算公式为：

$$\text{最大允许误差值} = \text{测量上限(量程)} \times \text{基本误差限} \quad (5-5)$$

例：一台量程为  $40\text{MPa}$  的压力表，其精度等级为 1.6 级，求该压力表的允许误差是多少？

解：允许误差值 = 测量上限 × 基本误差限  
 $= 40\text{MPa} \times (\pm 1.6\%) = \pm 0.64\text{MPa}$

答：该仪表的允许误差值是  $\pm 0.64\text{MPa}$ 。

### 132. 一般压力表的检定项目有哪些？

一般压力表的检定项目分外观检查和示值检查两部分。

(1) 外观检查包括以下方面：

a. 压力表的各部分应装配牢固，不得有影响计量性能的锈蚀、裂纹、孔洞等缺陷，接头螺纹应无损伤。

b. 压力表的表盘分度及符号应完整、清晰。

(2) 示值检查包括以下方面：

① 示值基本误差；

② 来回差；

③ 轻敲位移；

④ 零点误差；

⑤ 针偏转平稳性。

### 133. 什么是压力表的示值基本误差？

压力表的基本误差是指：

检验时由零平稳地增负荷，检验各检验点至测量上限，并保持 3min，然后平稳地减负荷，检各检验点至零。

检验时各检验点应两次读数，一次是在负荷平稳地到达规定检验点的值时进行；另一次是在轻敲仪表外壳后进行。

示值基本误差应在正反行程中，轻敲前后各检一次，其结果均应符合表 5-4 中的规定。

表 5-4

精确度等级	示值基本误差限%			
	零 位		测量上限的 90% ~ 100%	其余部分
	带止销	不带止销		
1	1	$\pm 1$	$\pm 1.6$	$\pm 1$
1.6	1.6	$\pm 1.6$	$\pm 2.5$	$\pm 1.6$
2.5	2.5	$\pm 2.5$	$\pm 4$	$\pm 2.5$
4	4	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 4$

#### 134. 什么是压力表的来回差?

压力表的来回差是指各检验点正行程和反行程轻敲表壳后示值之差。

仪表的来回差应不大于示值基本误差限的绝对值。

#### 135. 什么是压力表的轻敲位移?

压力表的轻敲位移是指同一检验点轻敲表壳前与轻敲表壳后示值之差。

仪表的轻敲位移变动量应不大于示值基本误差限绝对值的 50%。

#### 136. 什么是零位误差?

零位误差是指检定中未加负荷时, 目测被检仪表零点, 在轻敲表壳前后, 指针所处的位置:

- 有盘止销仪表, 指针应紧靠盘止销。
- 无盘止销仪表, 指针应位于零点标度线内。

**137. 什么是指针偏转平稳性?**

指针偏转平稳性是指在测量过程中, 仪表的指针的偏转应平稳, 不应有跳动和停滞现象。

**138. 压力表检定时对检定点有什么规定?**

压力表以标有数字的标度线作为检定点。

压力真空表的压力部分, 按标有数字的分度线进行检验;

压力真空表的真空部分, 测量上限值为 0.06MPa 时检 3 个点, 测量上限值为 0.15MPa 时检 2 个点, 测量上限值为 0.3~2.4MPa 时检 1 个点。

**139. 压力表测量气体和表盘上色标有什么规定?**

压力表按其所测量气体不同, 应在表盘上的仪表名称下面画不同颜色的横线, 如表 5-5 所示, 氧压表还必须标以红色“禁油”字样。

表 5-5

测 量 介 质	横 线 颜 色
氧	天蓝色
氢	深绿色
氮	黄 色
氯	褐 色
乙炔	白 色
其他可燃性气体	红 色
其他惰性气体	黑 色

**140. 怎样对氧气压力表进行无油脂检查?**

为了保证安全,应确认氧气压力表内没有油脂,才能对仪表进行检定或使用。

其检查方法是:用针管将纯净的温水注入弹簧管内,经过摇荡,再将水甩入盛有清水的器皿内,如果水面上没有彩色的油影,即可认为没有油脂。

**141. 怎样去掉氧气压力表弹簧管内的油脂?**

如果氧气压力表弹簧管内进入了油脂,可用以下方法去掉管内的油脂:

用针管将四氯化碳注入弹簧管内,经过摇荡,再将四氯化碳甩出,如此反复 2~3 次,最后将管内的四氯化碳甩在一张白纸(或报纸)上,待四氯化碳挥发后,白纸上没有留下任何油迹,则表明管内油脂被洗干净。

**142. 怎样检定带定位针压力表?**

检定带定位针压力表,应首先将定位针拨到表盘刻度线以外,按一般压力表的要求进行检定,检定合格后,再进行以下检定:

(1) 先将定位针与示值指针同时进行示值检定,并记录读数,然后使示值指针回到零位,对示值指针再进行示值检定。各检定点两次升压示值之差均不应大于允许误差的绝对值。

(2) 示值检查中,轻敲表壳时定位针不得移动。



### 143. 怎样检定双针双管压力表?

(1) 检查双针双管压力表两管的连通性:

要求: 两管不应相通。

检查方法: 将其中一只接头装在校验器上, 加压至测量上限, 该指针应指到测量上限, 另一指针应指在零位, 接头上不应有油渗出, 即两管不连通;

(2) 用三通接头安装压力表进行示值检查;

(3) 检查两指针示值之差, 其差值应不大于允许误差的绝对值;

(4) 两指针应不互相影响;

(5) 两接头上应分别涂以与两指针颜色相同的油漆, 以便识别。

### 144. 怎样检定电接点压力表?

检定电接点压力表时, 应首先将下限设定针拨到零点以下, 将上限设定针拨到测量上限以上, 按一般压力表的要求进行检定, 检定合格后, 再进行以下检定:

(1) 绝缘电阻检验

用直流工作电压为 500V 的高阻表, 接在电接压力表接线端子与外壳之间, 测量时应稳定 10s 后读数, 其电阻值应不小于 20M $\Omega$ 。

(2) 设定点偏差检定

a. 对每一设定点应在升压和降压两种状态下进行设定点偏差检定。

b. 上限设定点在量程的 50% 及 75% 附近两点, 下限设

定点在量程的 25% 及 50% 附近两点。

c. 使设定指针位于设定值上, 平稳、缓慢升压或降压 (指针接近设定针时的速度每秒应不大于量程的 1%), 直至信号接通或断开为止。在标准器读取压力值为上切换值或下切换值。

d. 设定点偏差 (指设定值与信号切换时压力值之差) 应符合表 5-6 中规定。

表 5-6

仪表精度等级	设定点偏差的允许值	
	直接作用式	磁助式
1	$\pm 1\%$	$\pm 0.5\% \sim \pm 4\%$
1.6	$\pm 1.6\%$	
2.5	$\pm 2.5\%$	

### (3) 切换差检定

切换差 (指在同一设定点上, 压力表信号接通与断开时的实际压力值之差) 应符合如下规定:

直接作用式: 应不大于示值允许误差的绝对值。

磁助式: 应不大于量程的 3.5%。

### 145. 抗振压力表在检定和使用中应注意什么?

抗振压力表在检定前或安装后, 应先将表壳上的充油孔的密封螺钉拧松 1~2 扣, 以使表壳内气压与外界相同, 否则会因表壳内充油后憋着气体的残余压力, 会影响计量检定的准确性。

**146. 隔膜压力表在检定中应注意什么？**

在检定法兰式和夹式隔膜压力表时，千万不能将压力表表头从上接体拧下来进行计量检定，检定完后再将表头拧上去。因为这样会使弹簧管内的灌充液部分流失，将直接影响仪表的精度或使用功能。如果在检定时没有相应的下接体，则应送具有检定能力的单位进行检定。

**147. 带调零装置的压力表检定中有什么要求？**

(1) 调零装置的检验

给仪表缓慢均匀的增加负荷，使指针对准除零标度线和上限标度线外的任一有数字的标度线，分别向正反两个方向调整调零装置，观察可调量。

(2) 带调零装置的压力表，检定前允许调整指针，使其对准零标度线。但在检定过程中不允许再调整指针。

**148. 压力表检定中如何修正温度影响误差？**

一般压力表检定条件中对检定时环境温度规定为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。但是由于我国地域广阔，南北差距很大，且检定时间又分为春夏秋冬，也由于不少仪表检定的现场条件有限，所以压力表的检定时环境温度有时满足不了规定的 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，在这种条件下，按规定还是要求对仪表进行检定，这是否可行呢？

压力表的生产标准中注明：压力表检定可不在规定的温度条件下进行，但检定时，压力表仍应符合精度要求。

为此，在仪表检定时，当环境温度满足不了规定的温度要求时，应对仪表的允许误差进行修正，以保证检定结

果的正确性。

当检定温度偏离 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 时, 仪表的示值误差应不大于式(5—6)规定的范围:

$$\Delta = \pm (\delta + k\Delta t) \quad (5-6)$$

式中:  $\Delta$ ——仪表检定环境温度偏离 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 时的示值误差限, 表示方法与示值误差相同, %;

$\delta$ ——仪表精度规定的示值基本误差限, %;

$\Delta t$ —— $|t_2 - t_1|$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_2$ ——检定时环境温度偏离 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 时的任意值,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_1$ ——当 $t_2$ 高于 $25^\circ\text{C}$ 时为 $25^\circ\text{C}$ , 当 $t_2$ 低于 $25^\circ\text{C}$ 时为 $15^\circ\text{C}$ ;

$k$ —— $0.04\%/^\circ\text{C}$ 。

例: 4月份在东北某工厂仓库对到货的一批压力表进行进厂检验, 当时的环境温度为 $5^\circ\text{C}$ , 检一台Y—100压力表, 其量程为 $0 \sim 0.25\text{MPa}$ , 精度为1.5级, 其检定结果如下:

检定点/MPa	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
检定值/MPa	0	0.048	0.097	0.146	0.196	0.247

问: 该压力表检定结果是否合格?

解: (1) 各检定点误差如下:

检定点/MPa	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
检定值/MPa	0	0.048	0.097	0.146	0.196	0.247
检定误差/MPa	0	-0.002	-0.003	-0.004	-0.004	-0.003

其中，各检定点最大误差值  $\Delta_{\max} = -0.004\text{MPa}$

(2) 若不考虑环境温度的影响：

该仪表的允许误差值

$$\sigma = 0.25 \times \pm 1.5\% = \pm 0.00375\text{MPa}$$

因为仪表各检定最大误差值  $\Delta_{\max} = -0.004\text{MPa}$  大于允许误差值  $\pm 0.00375\text{MPa}$ ，所以，该仪表检定结果为不合格。

(3) 若考虑环境温度的影响：

该仪表的允许误差限  $\Delta = \pm (\delta + k\Delta t)$

$$= \pm (1.5 + 0.04 \times |5 - 15|)\%$$

$$= \pm 1.9\%$$

此时仪表的允许误差值

$$\sigma = 0.25 \times \pm 1.9\% = \pm 0.00475\text{MPa}$$

因为仪表各检定最大误差值  $\Delta_{\max} = -0.004\text{MPa}$  小于允许误差值  $\pm 0.00475\text{MPa}$ ，所以，该仪表检定结果为合格。

由此例可以看出，当压力表的检定环境温度偏离规定的温度时，是否对温度造成的仪表允许误差进行修正，可能会对检定结果做出不同的结论，尤其是对低量程的压力表，如  $0.6\text{MPa}$  以下的压力表。

#### 149. 压力表检定中如何修正液柱误差？

压力表检定中如果工作介质为液体时，被检压力表和标准器的受压点应在同一水平面上。如果不在同一水平面上，两个受压点存在一定的高度差则会产生压力误差，如果高度差过大会增大其压力误差，尤其是在低量程压力表 ( $0.6\text{MPa}$  以下) 的检定中，如果不对液柱差造成的压力误差进行修正，往往会对检定结果做出错误的结论。

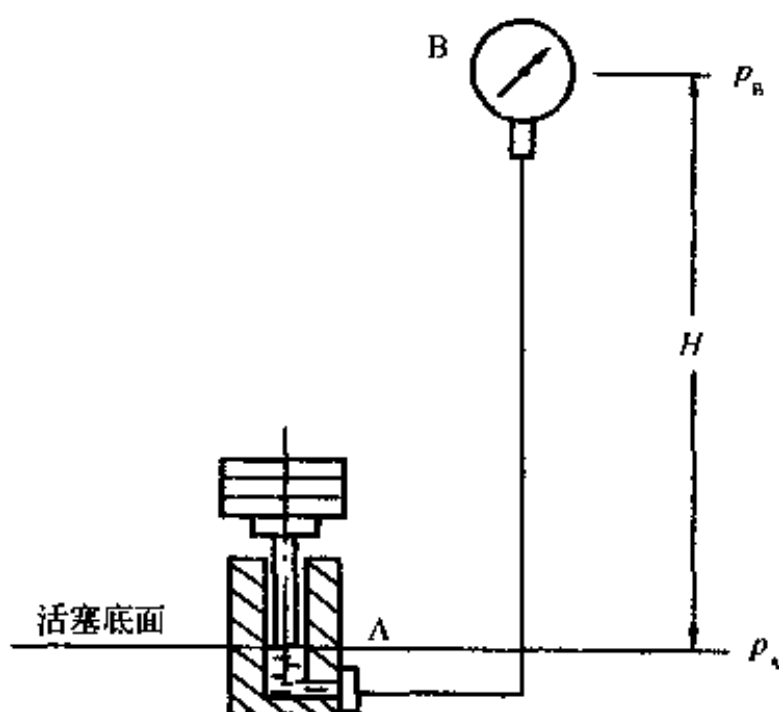


图 5-2 液柱差修正示意图

如图 5-2 所示，被检压力表 B 高于标准压力计 A 的距离为  $H$ 。

设 A 点的压力值为  $p_A$ ，B 点的压力值为  $p_B$ ，液柱高度产生的压力误差为  $\Delta p$ ，

则：
$$p_A = p_B + \Delta p \quad (5-7)$$

其中：
$$\Delta p = \rho_f g H$$

式中： $\rho_f$ ——工作介质的密度；

$g$ ——重力加速度；

$H$ ——液柱差高度。

若工作介质为变压器油( $\rho_f = 0.86 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ )由液柱高度产生的压力误差，当  $H = 1\text{m}$  时， $\Delta p \approx 0.008\text{MPa}$ ；当  $H = 20\text{cm}$  时， $\Delta p \approx 0.0016\text{MPa}$ ；

若工作介质为气体( $\rho_f = 1.2\text{kg/m}^3$ )由气柱高度产生的压力误差，当  $H = 1\text{m}$  时， $\Delta p \approx 2.4 \times 10^{-5}\text{MPa}$ ，是完全可以

忽略不计的。

例：在图 5-2 所示的状态下，用标准压力表检定一块 Y—100 压力表，其量程为 0.16MPa，精度等级为 1.6 级，被检表与标准压力表的高度差为  $H = 20\text{cm}$ ，检定中，被检表各检定点示值如下：

检定点/MPa	0	0.04	0.08	0.12	0.16
检定值/MPa	0	0.04	0.079	0.117	0.158

问：该被检压力表是否合格？

解：（1）如果对检定结果不考虑  $H = 20\text{cm}$  液柱差产生的压力误差，各检定点误差如下：

检定点/MPa	0	0.04	0.08	0.12	0.16
检定值/MPa	0	0.04	0.079	0.117	0.158
检定误差/MPa	0	0	-0.001	-0.003	-0.002

因为该仪表的允许误差为  $\pm 0.0025\text{MPa}$ ，检定结果的最大误差  $\Delta_{\max} = -0.003\text{MPa}$ ，仪表各检定最大误差值  $\Delta_{\max} = -0.003\text{MPa}$  大于允许误差值  $\pm 0.0025\text{MPa}$ ，所以，该仪表检定结果为不合格。

（2）如果对检定结果考虑  $H = 20\text{cm}$  液柱差产生的压力误差  $\Delta p = 0.0016\text{MPa}$ ，各检定点的实际值和检定点误差如下：

检定点/MPa	A 点	0	0.04	0.08	0.12	0.16
	B 点	0	0.0384	0.0784	0.1184	0.1584
检定值/MPa		0	0.04	0.079	0.117	0.158
检定误差/MPa		0	+0.0016	+0.0006	-0.0014	-0.0004

因为该仪表的允许误差为  $\pm 0.0025 \text{ MPa}$ ，检定结果的最大误差  $\Delta_{\max} = +0.0016 \text{ MPa}$ ，仪表各检定最大误差值  $\Delta_{\max} = +0.0016 \text{ MPa}$ ，小于允许误差值  $\pm 0.0025 \text{ MPa}$ ，所以，该仪表检定结果为合格。

**150. 对压力表检定结果怎样处理？**

(1) 检定合格的压力表，发给“检定合格证”。

“检定合格证”应有：送检单位、压力表名称、测量范围、制造厂、仪表编号、精度等级、检定结果、检定员、检定日期、有效期限等内容。

(2) 检定不合格的仪表，能降级使用的则降级使用，但必须更改精度等级的标志。不能降级使用的且经修理达不到合格要求的则做报废处理。

**151. 为什么要对压力表进行型式试验？**

为了验证压力表的设计、工艺、材料、制造各方面是否满足压力表生产标准中的各项技术要求，则要求按压力表标准中的全部技术要求的试验方法对压力表进行型式试验。

**152. 在哪些情况下要对压力表进行型式试验？**

根据压力表标准中的有关规定，在下列情况下，仪表应按标准中的全部技术要求和试验方法进行型式试验：

- (1) 新产品试制定型；
- (2) 成批生产仪表定期检验；
- (3) 当设计、工艺、材料等方面有重大变更时；
- (4) 停止生产的仪表再次生产时。



**153. 一般压力表的型式试验有哪几项?**

按压力表标准中的规定,一般压力表的型式试验有以下几项内容:

**(1) 示值检验**

检验仪表的示值基本误差、来回差、指针运转平稳性、轻敲位移、零位误差。

**(2) 超负荷试验**

测量上限值为 0.06 ~ 6MPa 的超负荷值为压力上限值的 125% ;

测量上限值为 10 ~ 60MPa 的超负荷值为压力上限值的 115% ;

测量上限值为 100 ~ 160MPa 的超负荷值为压力上限值的 110% ;

试验时间为 30min。

**(3) 高温试验**

高温试验温度为 + 70℃。

**(4) 低温试验**

低温试验温度为 - 40℃。

**(5) 交变负荷试验**

交变负荷次数为 30 000 次。

**154. 什么叫压力量值传递?**

通过检定将国家压力基准所复现的压力量值,通过压力标准逐级传递到压力工作计量器具,以保证对被测对象所测的压力量值的准确一致称为压力量值传递。

155. 我国压力量值传递是怎样进行的?

按照各类压力仪器仪表的测量范围、用途、精度等级

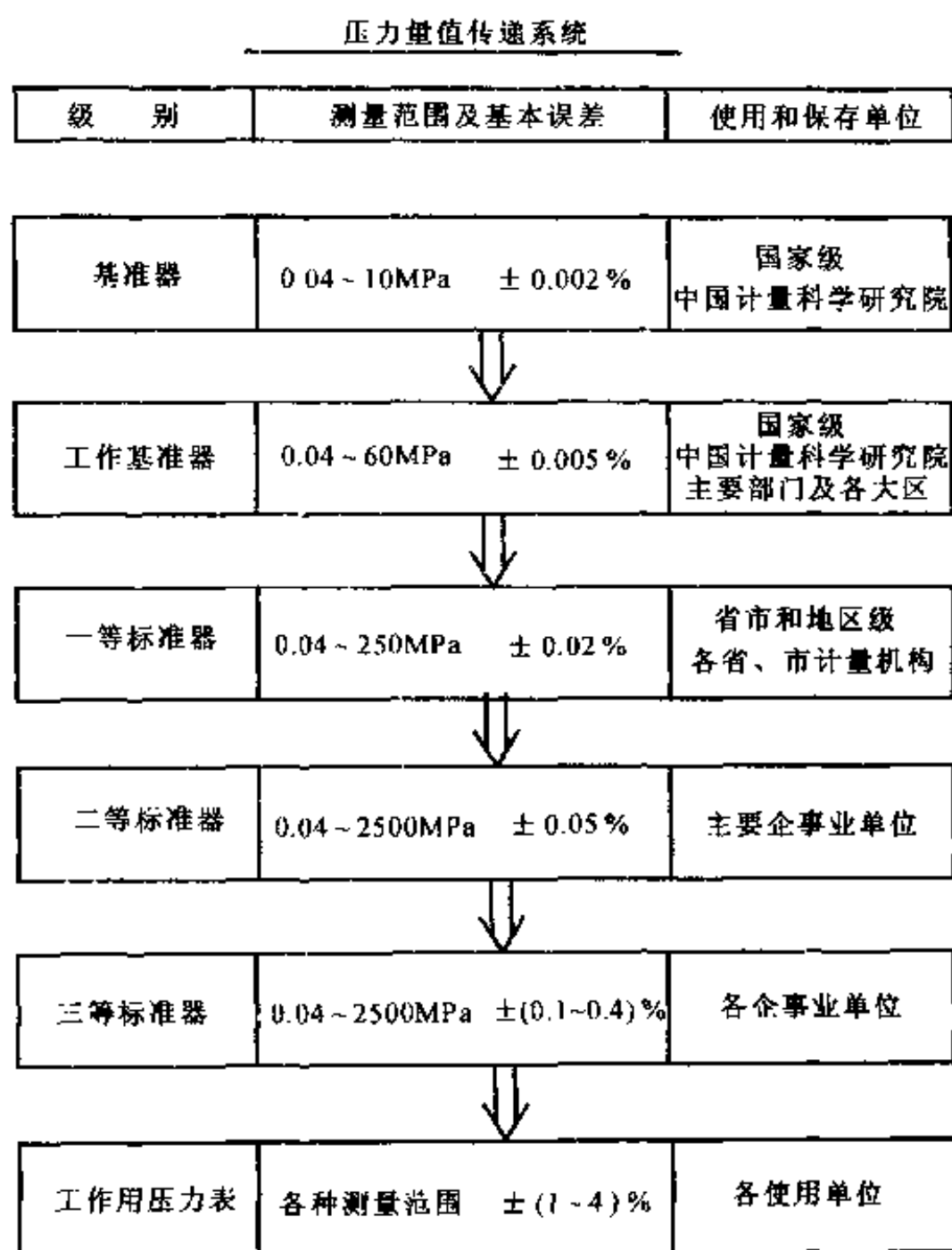


图 5-3 压力量值传递系统图

## 压力仪表 200 问

?

和压力量值传递的次序，根据我国的具体情况，可以绘编成图表加以表示，这就是压力量值传递系统图。图中只列出了压力量值传递的一般原理。随着科学技术的不断发展，压力量值传递系统图(图 5-3)也将会发生相应的改变。

## 六、压力表的调整与修理

### 156. 压力表调整常用的工具有哪些？

压力表在调整和修理中常用的工具及主要用途见表 6-1。

表 6-1

工 具 名 称	用 途
活扳手(10")	扳紧压力表
快速紧固接头	方便紧固被检压力表
十字头改锥(3")	拆装表壳、机芯螺钉
一字头改锥(3")	拆装表壳、机芯螺钉
十字头小改锥	拆装罩壳螺钉
一字头小改锥	拆装罩壳螺钉
尖咀钳	调整封口片角度
平口钳	修理机芯中心轴
镊子	修整机芯游丝
钟表榔头	钉指针
起针器	起指针
指针铰子	铰指针针库
表盘夹子	调整时暂时固定表盘
封口钳	仪表铅封

157. 压力表调校时用何设备?

对压力表生产厂来说,由于品种多,产量大,压力表的调校多是生产厂自制的压力表调校台进行仪表调校,而调校用的工作压力源是由工厂设置的气泵统一供气。压力表调校台的结构如图 6-1 所示。

随着专业化生产,社会分工越来越细,压力表调校台也有专门进行生产厂家,如江苏江阴市河塘电器设备厂生产各种 DY 系列电动压力表检修台。

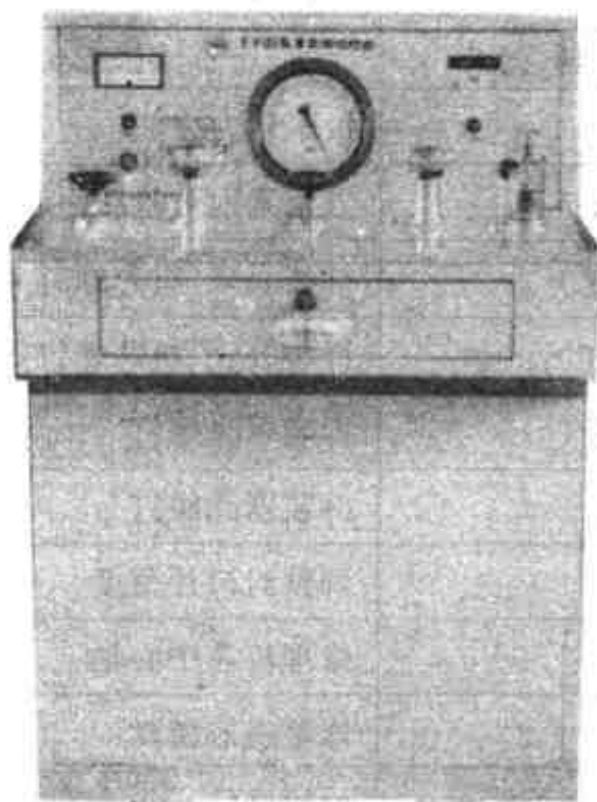


图 6-1 压力表调校台

158. 压力表调整时应用哪些仪器仪表?

一般计量室对压力表进行检修、调整时,最常用的仪器仪表是压力校验器和精密压力表。

(1) 压力校验器(见图 6-2)

压力校验器有 4 种规格:  $0 \sim 0.6\text{MPa}$ ;  $0 \sim 6\text{MPa}$ ;  $0 \sim 60\text{MPa}$ ;  $0 \sim 250\text{MPa}$ 。

(2) 精密压力表

精密压力表的使用要注意从精度和量程上加以选择。

从仪表精度上选择精密压力表应依据被调整压力表的精度进行选择, 一般来说, 调整 2.5 级、4 级的压力表可选用 0.4 级的精密压力表; 调整 1.6 (1.5) 级的压力表可选用 0.25 级的精密压力表。

从仪表的量程上选择, 精密压力表应比被调整的压力表的量程大一个档次, 如调整  $1.6\text{MPa}$  的压力表应选取用  $2.5\text{MPa}$  的精密压力表。

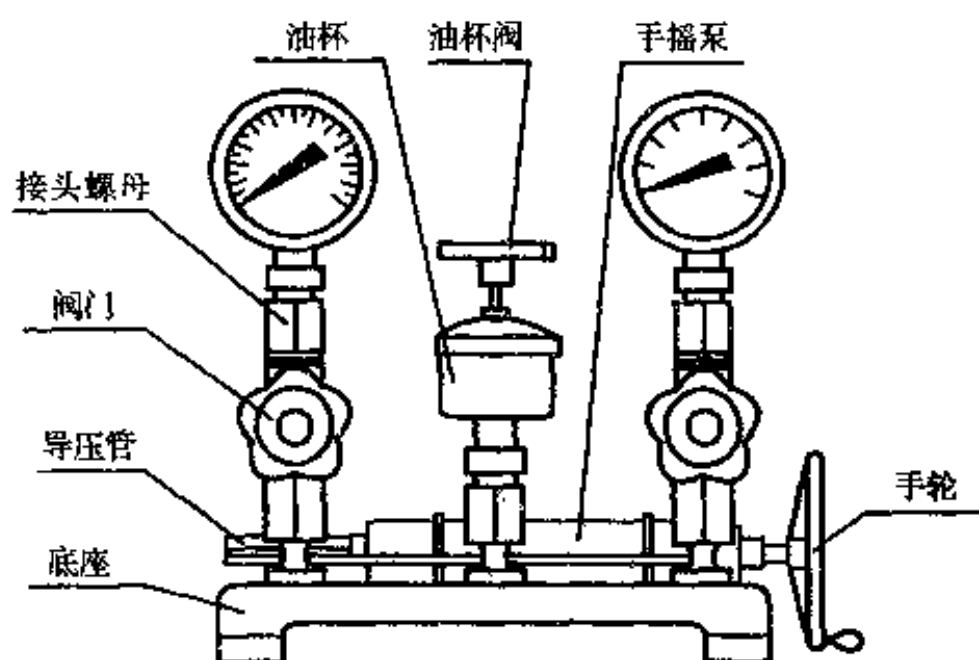


图 6-2 压力表校验器

159. 对压力校验器有什么要求?

(1) 压力校验器应具有良好的密封性;

## 压力仪表 200 问

0~6MPa 压力校验器要求从 1MPa 开始加压, 分别在 1, 1.6, 2.5, 4, 6MPa 各停留 1min, 压力表的示值下降应不大于该点压力值的 1%。

0~60MPa 压力校验器要求从 10MPa 开始加压, 分别在 10, 16, 25, 40, 60MPa 各停留 1min, 压力表的示值下降应不大于该点压力值的 1%。

0~250MPa 压力校验器要求从 60MPa 开始加压, 分别在 60, 100, 160, 250MPa 各停留 1min, 压力表的示值下降应不大于该点压力值的 1%。

(2) 压力泵在整个行程范围内, 应保证压力均匀上升或降低。

手摇丝杆应平滑转动, 不得有任何卡滞现象, 当均匀地加(减)压力时, 压力表的指针不应产生跳动现象。

(3) 0~0.6, 0~6, 0~60MPa 压力校验器的工作介质为变压器油, 0~250MPa 压力校验器的工作介质为药用蓖麻油。

### 160. 怎样使用压力校验器?

(1) 将压力校验器平稳地放在工作台上, 安置成水平状态。为了工作方便, 一般校验器习惯横放在工作台上, 方便摇转手轮。为了有利于仪表检修方便, 将精密压力表安装在校验器左边的接头上, 而将被检修压力表安装在右边接头上。

(2) 向油杯中注入的油液的深度应不少于油杯深度的 2/3。

(3) 仪表安装完毕后, 打开油杯阀门, 反时针摇动手轮, 旋出油泵丝杆, 进行吸油。摇手轮的速度应轻缓, 丝

杆摇出的长度不宜达到尽端，吸油结束后应稍停一下，待充分吸入油液后，把丝杆摇进几扣，排除所带入的空气，再将油杯阀门关闭，可进行压力表的检修。

(4) 至此，则可按进程、回程示值的要求，往返摇动手轮，通过介质传达到升降压力之目的，完成压力表的检修工作。

(5) 压力表检修完毕后，回转手轮，降压至接近零位前，打开油杯阀门，完全消除余压，以便指针正确反映零位。

(6) 卸下仪表后，摇动丝杆手轮，使之回到初始位置。

### 161. 压力校验器渗油怎么修理？

压力校验器在使用中，对其性能的主要要求之一是密封性良好，各传动孔道不得产生渗油现象。如出现渗油，校验器则无法使用，必须进行修理。

常见的渗油部位和一般修理方法有以下几种：

(1) 仪表接头和校验器接头连接部分不紧固而发生渗油。

解决方法：用两个活搬手将仪表接头和校验器螺母互为相对方向拧紧即可。

(2) 校验器接头内密封垫圈老化或破损，起不到密封作用而漏油。

解决方法：更换密封垫圈。

(3) 油杯阀门没有关紧，而发生漏油。

解决方法：将油杯阀门拧紧。

(4) 油杯阀门顶针尖端有毛刺或磨损造成密封不良而发生渗油。



解决方法：修理顶针尖端的表面粗糙度。简易的修理方法是用细棉丝沾上研磨砂后，包在顶尖杆尖端，不停地旋转阀杆进行研磨，一般可以得到纠正。

如果顶针磨损的比较严重，无法修复，可向校验器生产厂请求提供配件更换油杯阀杆。

(5) 丝杆处发生渗油。

此类情况为丝杆顶端的橡胶密封皮碗磨损或损坏而失去密封能力。

解决方法：更换新的耐油橡胶皮碗。

162. 校验器压力升不到使用工作压力是什么原因？

(1) 校验器各连接部分发生渗油现象。可按第 161 条中逐项对校验器进行检查和维修。

(2) 油液不清洁，油路淤塞或接头内垫圈孔被压死，油液流通受阻。此时应清洗校验器油路，更新油液或更换密封垫圈。

(3) 油杯内油量太少，吸入的油量不足，加压至一定程度时，杯内没油了，丝杆摇到头而不起压，此时应向油杯内补充油液。

(4) 吸油时摇手轮速度太快，油液来不及被充分吸入，并带入大量空气，丝杆摇到头压力也升不到工作压力。改进方法是，吸油时摇手轮的速度应轻缓，吸油结束应稍停顿一下，待油液被充分吸入后再加压。

(5) 有些大规格，低量程的压力表，由于弹簧管内腔体较大，一次吸油加压时，压力有可能达不到仪表的测量上限。此时应将左右接头的阀门关紧，打开油杯阀门，重新缓慢吸油，再关闭油杯阀门，摇进手轮并略感吃力后，

再打开左右接头的阀门可进行压力仪表校验工作。

### 163. 怎样保养、维护压力校验器？

(1) 压力校验器使用完毕后，应将两接头上的压力表拆卸下来，并将压力校验器擦拭干净，覆盖或装入箱内。

(2) 压力校验器使用一段时间后，为防止被检仪表带入的不洁物质淤塞管道，要定期清洗内部并换新的油液。

清洗方法是：排尽所存油液，用棉丝将油杯底部的油污擦拭干净，再向油杯中加入汽油进行洗涤。若油垢难以排除，则需拆开可拆开部件进行清洗，同时结合检查垫片、密封圈、橡胶皮碗等磨损情况给予更换或修理。

### 164. 压力表的调校步骤有哪些？

压力表的调校一般可按以下步骤进行：

(1) 检查机芯的游丝是否处于正常状态，即游丝要求平整，圈距均匀。

(2) 松开机芯固定螺纹，可上下左右移动机芯，使机芯中轴处在表盘中心孔中间位置，并使扇齿下端在中齿轴以下留有 3~5 牙。

(3) 调整仪表全量(后单述)。

(4) 调整仪表的“前快后慢”或“前慢后快”。

(5) 调整仪表的轻敲位移过大。

(6) 调整仪表运转中的卡针、跳针现象。

(7) 调整完毕后，拧紧机芯紧固螺钉和连杆紧固螺钉。

(8) 上好表盘，钉紧指针。

165. 压力表调校中有哪些常用的习惯用语?

在压力表的调校中常用以下习惯用语:

- (1) 调整全量(全量大,全量小);
- (2) 初始角;
- (3) 前快后慢或前慢后快;
- (4) 点点小或点点大;
- (5) 中间点小或中间点大;
- (6) 最后一点小或最后一点大;
- (7) 不回零。

166. 什么叫压力表的“全量”,“全量小”,“全量大”?

一般情况下,表盘上标度的角度为  $270^\circ$ 。

在仪表的测量范围内指针在表盘上的转角也是  $270^\circ$ , 这  $270^\circ$  则称为压力表的“全量”;

在仪表的测量范围内指针在表盘上的转角小于  $270^\circ$ , 则称为“全量小”;

在仪表的测量范围内指针在表盘上的转角大于  $270^\circ$ , 则称为“全量大”;

167. 什么叫压力表的“初始角”?

如图 6-3 所示,在压力为零时,连杆与扇齿间的夹角 ( $\beta_0$ ) 称为初始角。改变初始角的大小,可以调整压力表的非线性误差。

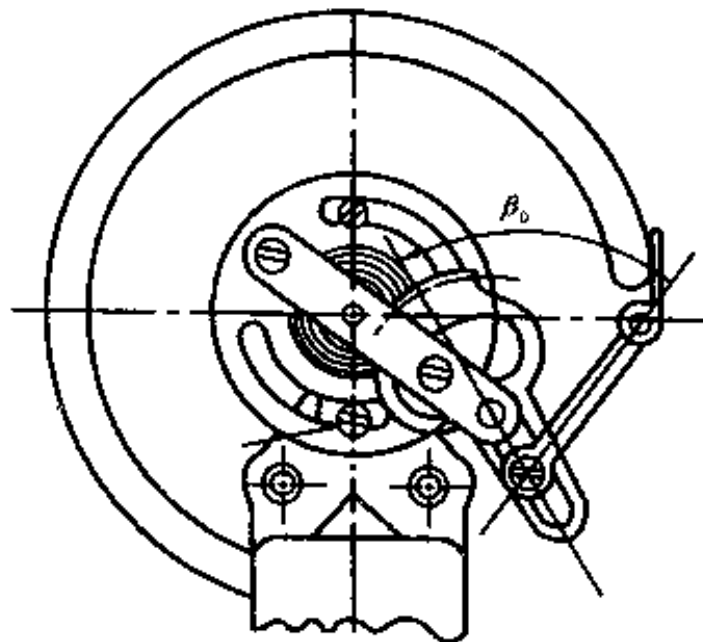


图 6-3 初始角示意图

**168. 什么叫“前快后慢”或“前慢后快”？**

在仪表的调整过程中：

如果前半部分示值出现正差，而在后半部分示值出现负差，则称之为“前快后慢”。

如果前半部分示值出现负差，而在后半部分示值出现正差，则称之为“前慢后快”。

**169. 什么叫“点点小”或“点点大”？**

在仪表的调整过程中：

指针在各读数点与标准值总是减少某一固定值，则称之为“点点小”。

指针在各读数点与标准值总是增加某一固定值，则称之为“点点大”。

**170. 什么叫“中间点小”或“中间点大”？**

在仪表的调整过程中：

如除表盘中间一读数点示值为负差而各检验点示值均为合格，则称为“中间点小”。

如除表盘中间一读数点示值为正差而各检验点示值均为合格，则称为“中间点大”。

**171. 什么叫“最后一点小”或“最后一点大”？**

在仪表的调整过程中：

如除表盘最后一读数点示值为负差而各检验点示值均为合格，则称为“最后一点小”。

如除表盘最后一读数点示值为正差，而各检验点示值均为合格，则称为“最后一点大”。

**172. 什么叫“不回零”？**

在仪表的调整过程中：

卸压时，当标准压力表指针回到零位时而被调整的压力表的指针回不到零位，则称之为“不回零”。

**173. 示值变化有什么规律？**

(1) 连杆下端在扇齿槽中左右移动，可调整表针的全量大小。

将连杆向左(上)移动，可调大指针全量；

将连杆向右(下)移动，可调小指针全量。

(2) 改变连杆与扇齿之间初始角的大小，可以调整仪表的非线性误差。

调小初始角，指针会在前半部分刻度走得快(前快)，在后半部分刻度走得慢(后慢)；

调大初始角，指针会在前半部分刻度走得慢(前慢)，在后半部分刻度走得快(后快)。

(3) 顺时针转动机芯，指针运转前快后慢；

逆时针转动机芯，指针运转前慢后快。

(4) 将封口片(又称自由端)向左掰，指针运转前快后慢；

将封口片(又称自由端)向右掰，指针运转前慢后快。

(5) 如果仅是最后一点小，多是因为连杆与扇齿的夹角过小；

如果仅是最后一点大，多是因为连杆与扇齿的夹角过大。

#### 174. 怎样调整压力表的全量大小？

在机芯的中轴位置找正之后，应首先对仪表的全量进行调整。

全量的调整方法是：

如图 6-4 所示，在无压力的情况下，将指针向左水平方向钉置(OA)，向表内加压，使压力达到该仪表测量上限(从标准压力表读出)，表针按顺时针方向旋转，如果达到垂直位置(OA')，即指针运转  $270^\circ$  说明该仪表的全量合适。若指针达不到 A' 点，说明全量小；若超过 A' 点，说明全量大。

若全量小，松开扇齿下端螺钉，将连杆向左(上)拨动，则全量增大。

若全量大，松开扇齿下端螺钉，将连杆向右(下)拨动，

则全量减小。

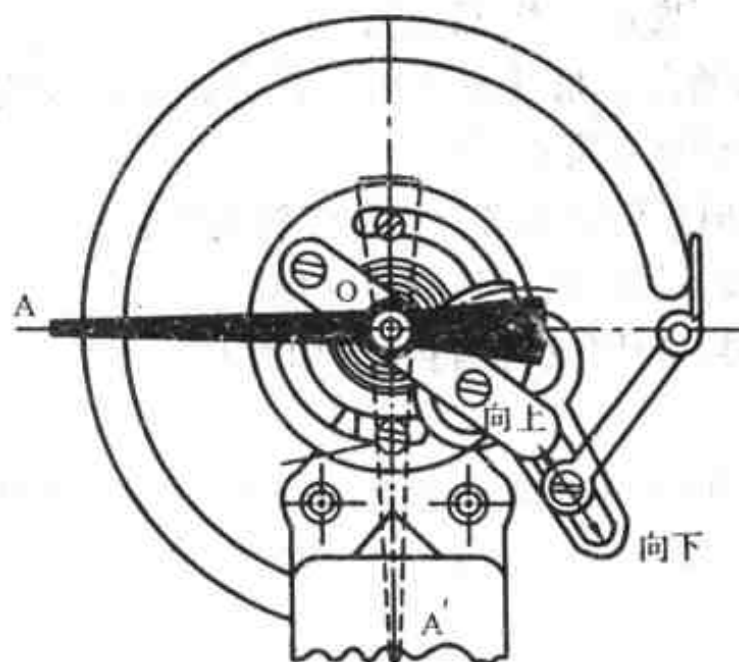


图 6-4 全量的调整

### 175. 怎样调整示值的“前快后慢”或“前慢后快”？

当仪表的全量调整合适之后，可将表盘装上，用表盘夹子夹住，钉上指针并对照精密压力表检查各点。如果各检验点误差均在允许误差之内，则该仪表示值合格。

“前快后慢”或“前慢后快”均属于非线性误差，其调整要领是调整初始角的大小。

当仪表出现“前快后慢”时，应加大初始角，其方法是：

- (1) 逆时针转动机芯，以增大初始角。
- (2) 将封口片向右掰，以增大初始角。

当仪表出现“前慢后快”时，应减小初始角，其方法是：

- (3) 顺时针转动机芯，以减小初始角。

(4) 将封口片向左掰，以减小初始角。

### 176. 压力表来回差超差是什么原因？

压力表来回差超差要从两种情况来分析和处理：

一是对新生产的压力表在调校时出现来回差超差，其主要原因是由于弹簧管的弹性滞后过大造成的。一般的处理方法是该仪表重新进行 130% 的超压老化处理，超压时间为 0.5h 以上，以提高弹簧管的比例极限，减小其弹性滞后。

二是对使用一段时间重新检修的压力表，检修中出现来回差超差则有以下几种可能：

(1) 由于仪表频繁工作，零件接合处的活动间隙过大，如轴与孔配合松动，轴向间隙与径向间隙过大，以及齿牙磨损，配合松动等原因都可能造成来回差超差。

这就需要查明故障存在部位，对症解决。如情况轻微者，增加游丝力矩，也有一定效果。

(2) 弹簧管内留积脏污也是仪表产生来回差的原因之一。

处理方法是用医用注射针管向弹簧管内注入汽油，并振荡清洗，直至积污清洗干净。

(3) 弹簧管产生变形是仪表产生来回差的主要原因之一。

若仪表来回差较大，并与不回零同时出现，则可认为弹簧管已经变形。弹簧管变形是无法修理的，应即更换弹簧管(接头部件)或报废仪表。



### 177. 怎样钉针?

“钉针”是指将指针紧固在机芯是中轴上，在仪表加压与卸压过程中指示出压力值。

钉针有两种情况：

一是在仪表反复调校过程中，用大姆指将指针按紧在中轴上，要求姆指用力要适度，只要轻敲表壳指针不产生转动即可。因为用力太大，会造成起针困难，用力太小，针库和中轴连接不紧，会造成指针在运转中或卸压时和中轴产生转动。这种情况下指针钉针的位置是：有盘止钉的压力表应在量程的 10% ~ 20% 之间有刻度数字的地方钉针，没有盘止钉的压力表，应在无压力的情况下，于零位处钉针。

二是在仪表调校合格后，应用钟表榔头敲击针库大面，将指针钉紧。钉针时要求用力适度：用力太大，容易将机芯中轴打弯；用力太小，指针和中轴连接不紧，仪表在运输、搬运中发生碰撞或仪表在工作中产生振动，则会造成指针脱落而使仪表失去使用功能。

### 178. 怎样掌握钉针的强度?

为了确保将指针牢固地钉在机芯中轴上，可用以下两种方法对钉针强度进行检查：

一是可从市场上购买 5kg 的弹簧秤，拆下拉钩，装上一个拔针头，如图 6-5 所示。使用方法是将下端 U 形槽插入指针和表盘之间，再垂直向上拉，当弹簧秤的拉力指示在 3kg 时，指针没有被拉掉，则表明钉针强度满足要求。这种指针钉针强度检查方法多用于压力表生产。

二是用姆指和中指摄住指针针库下端，用力向上提，如果指针没有被拔下来，则表明钉针强度满足要求。

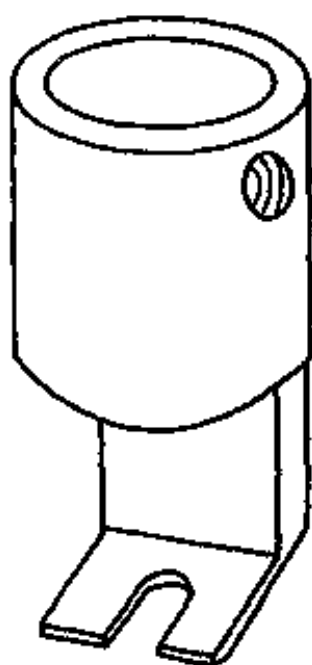


图 6-5 拔针头

### 179. 怎样起针？

“起针”是指将钉紧指针从机芯中轴上拔取下来。为了避免把指针或机芯中轴弄弯，可用如图 6-6 中的起针器卸取指针。

用起针器起针的方法是先将拉脚套在指针针库下端，并使起针器顶杆的顶端与机芯中轴对正，然后顺时针方向旋转顶针杆上的旋钮，即可将指针取下。

若没有起针器，也可用两把一字改锥将指针撬下来。其方法是：将两把一字改锥对顶于指针针库下端左右两侧，并使改锥杆某处靠在表壳上边做为支撑点，两手握住手柄猛力将指针撬下来。用这种方法撬起指针时，用力要适中，防止用力过猛将指针弹在脸上，同时，两手用力要均匀，

以免机芯中轴被撬弯。

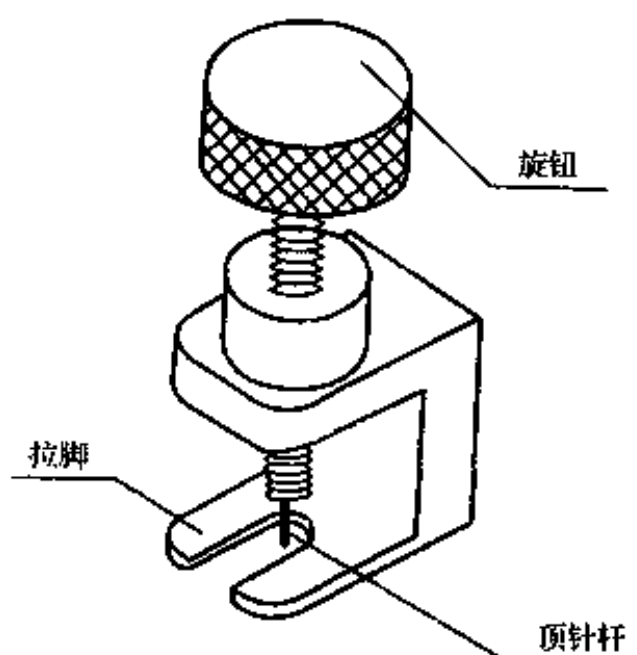


图 6-6 起针器

### 180. 反装机芯压力表的调整要点是什么？

与通常的正装机芯压力表调校相比，反装机芯压力表的调校方法有以下 3 点要加以注意：

(1) 正装机芯压力表的机芯是用螺钉紧固在接头上，且表盘可以取下来，调整时可以将表盘拿下来，从仪表的前方进行调整。

(2) 反装机芯压力表的机芯是用机芯铆钉铆接在接头上，调校时，应当将表壳拆下，从仪表的后方进行调整。

(3) 调校反装机芯压力表时，如使用活接母，将其拧在压力表校验器接头上，将会使调整更加方便。

反装机芯压力表的调整方法见表 6-2。

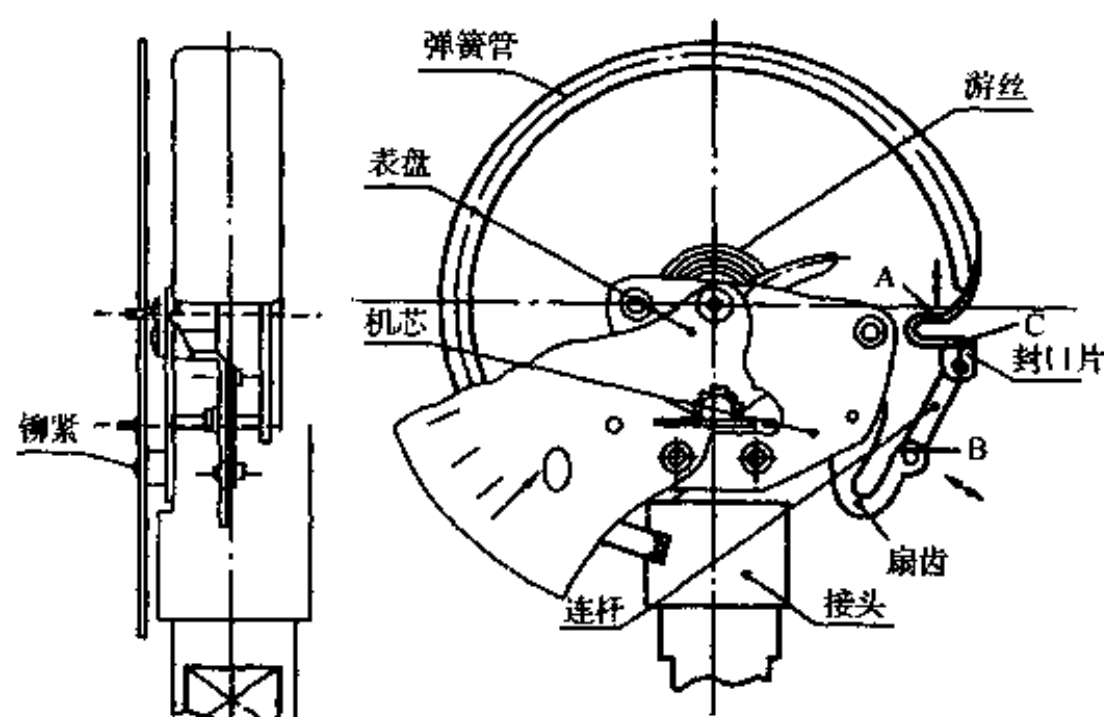


图 6-7 反装机芯压力表的调整

表 6-2

1	扇齿留牙	<p>要求:扇齿下端中齿以下应留 3~5 牙</p> <p>方法:用尖咀钳子夹住下端 A 点上、下掰动(见图 6-7)。留牙少时,将 A 点向上掰,留牙多时,将 A 点向下掰</p>
2	游丝预紧	<p>要求:初始状态紧游丝约 1.5 圈</p> <p>方法:用一字改锥顶着机芯下板,将封口片向上推,使扇齿与中轴脱离,然后轻轻将改锥松回,扇齿自然回到初始状态</p>
3	连杆框量	<p>要求:连杆应与封口片平行</p> <p>连杆和扇齿,连杆和封口片铆接后应有 0.1~0.2mm 的间隙</p> <p>方法:用尖咀钳子将连杆与扇齿掰为平行</p> <p>用尖咀钳子将连杆左右掰动,以达到要求的框量</p>

续表

4	全量调整	要求:在规定量程上指针运转 270° 方法:全量大时,用一字改锥将扇齿下 U 形部 (B 点)向外掰 全量小时,用尖咀钳子将扇齿下 U 形部 (B 点)向里夹
5	中间点小	方法:用尖咀钳子夹住封口片 C 点稍向上掰
6	中间点大	方法:用尖咀钳子夹住封口片 C 点稍向下掰
7	位移量大	方法:检查机芯游丝是否预紧 检查连杆铆接是否过紧及框量大小

### 181. 被检仪表误差总是增加或减少一个固定值,怎样调整?

在仪表的检定过程中,指针在各点的读数总是与标准值增加或减少某一个固定值,这种误差是由于指针安装不正确而引起的系统误差。

调整这种误差较容易,只要将指针起下来并在规定的位置上再次钉针,误差即可消除。

### 182. 被检仪表误差成比例地增加或减少一个值,应如何调整?

出现这类误差的压力表基本没有大毛病,主要是由于传动比不合适而造成全量大或全量小。

调整这类误差的方法只要左右拨动连杆下端就能解决。

当被检表成比例增加一个固定值时,将连杆下端适量向右(下)拨动,减小传动比,调小全量即可。

当被检表成比例减少一个固定值时,将连杆下端适量向左(上)拨动,增大传动比,调大全量即可。

**183. 仅某一检定点超差应如何调整?**

仅某一检定点超差的调整方法是：在哪一点发现示值超差，就将压力停在那一检定点，拿下表盘，检查该检定点上各零件间的配合情况，传动轴孔配合是否过紧或过松，连杆是否灵活，齿牙啮合点有无损坏或异物。

如齿牙啮合点有污物应清除掉；齿牙损伤严重者应更换新的机芯。

**184. 连杆拨到尽头，全量仍达不到规定的要求是什么原因?**

这类误差是指将连杆下端向左拨到尽头，全量仍达不到  $270^\circ$ ，将连杆下端向右拨到尽头，全量仍大于  $270^\circ$ 。

这类误差常见的原因需分两种情况处理：

(1) 如果是新生产的压力表，有可能是机芯装错。因为每种型号的压力表一般都有两种或两种以上不同传动比的机芯可用，如 Y100 压力表就有传动比为 1:10 和 1:13 的机芯两种，如果将 1:10 传动比的机芯错装在 6MPa 的压力表上，调校时就是将连杆下端向左拨到尽头，调到最大传动比全量还是达不到  $270^\circ$ 。

还有一种可能就是接头部件的规格用错了，如将 1MPa 的接头部件当作 1.6MPa 用，调校时就是将连杆下端向左拨到尽头，调到最大传动比，全量还是达不到  $270^\circ$ 。

(2) 如果是使用后的压力表，极有可能是由于弹簧管变形造成的，此时，就是将连杆下端拨到尽头，调到最小传动比，全量还是大于  $270^\circ$ ，这种情况下，该表只能做报废处理。

**185. 仪表在运行中指针尖端蹭表盘是什么原因?**

(1) 机芯中轴弯曲。可按第 190 题的方法对机芯中轴进行修理。

(2) 机芯中轴倾斜与表盘盘面不垂直。

造成这一现象的原因是接头底面不平或表壳的底面不平。

解决方法是：指针在哪个方向蹭表盘，就在哪个方向机芯底板下垫入适当厚度的金属垫片，直至机芯中轴与表盘盘面成垂直状态为止。

(3) 指针弯曲。这种情况下可用手指将指针捋直。

**186. 加压后，指针不动或很少移动是什么原因?**

加压后，指针不动或很少移动的原因可能有以下几种情况：

(1) 校验器的接头阀门未打开或油杯的阀门未关紧。

(2) 校验器接头处漏油或丝杆顶端的橡胶垫损坏造成漏油。

(3) 校验器接头内密封垫圈的中心孔闷死，介质无法进入压力表内。

(4) 校验器油杯内介质太脏，管路内淤塞。

(5) 弹簧管因有裂纹或孔洞发生泄漏。

(6) 弹簧管和接头、封口片的焊接处发生泄漏。

(7) 接头导压孔因脏物或异物堵死。

(8) 机芯上游丝乱，将扇齿缠住。

(9) 指针针库与中轴松动，指针不随中轴转动。

**187. 滞针或跳针是什么原因？**

指针在运行中出现滞针或跳针一般有以下几种原因：

- (1) 机芯的上下夹板太紧或中轴、扇齿轴的轴向间隙太小，影响机芯的正常运转。
- (2) 机芯中轴弯曲，造成指针运行中指针头蹭表盘。
- (3) 表盘向上下左右发生偏移，使中轴与表盘中心孔不同心，造成指针在运行中，指针针库蹭表盘中心孔侧面。
- (4) 齿牙有锈蚀，齿间有毛刺、污垢等。
- (5) 仪表由于长时间使用或局部频繁振动，造成部分齿牙磨损。

**188. 指针不回零是什么原因？**

- (1) 机芯固定位置不当，初始角太小。
- (2) 游丝没有足够张大或盘紧，减少指针零位的反弹力。
- (3) 指针和针库的铆接松动，针库和中轴的配合松动。
- (4) 表盘位置固定不当，发生位移。
- (5) 弹簧管严重变形。

**189. 指针往回倒是什么原因？**

当对压力表加压到某一压力后，在没有人为卸压的情况下，压力表的指针慢慢地往回溜下去，其原因有以下几种：

- (1) 压力校验器的油杯针阀未关紧，或针阀尖端磨损造成密封不良。
- (2) 校验器接头管道有微漏处。



(3) 压力表弹簧管管壁或与接头、封口片焊接处有微漏处。

### **190. 机芯中轴弯曲怎么修理?**

机芯中轴应与表盘成垂直状况, 当向任意方向转动时, 机芯中轴的轴线应基本不变。如果机芯中轴弯曲, 在指针运行中会造成指针尖蹭表盘或蹭表玻璃, 造成滞针或跳针现象, 无法准确读数。机芯中轴弯曲的修理方法一般是用尖咀钳子的钳口垂直夹住中轴, 向相反的方向掰动, 反复 2~3 次即可修好。

### **191. 机芯中轴与表盘不同心怎么处理?**

(1) 将机芯紧固螺丝松开, 使机芯中轴移至适当位置再予固定。移动机芯时, 应注意中齿轴与扇齿的啮合状况, 以免机芯中轴位置对正之后, 而啮合部位又不对, 再重新返工。

(2) 表盘的固定位置有偏差, 造成表盘中心孔与表壳中心不同心, 这种情况下应修锉表盘两边的固定槽、孔, 左右移动表盘。

(3) 如果以上两种方法都解决不了, 可采用锉大表盘中心孔的办法。但这种方法会产生一些负面影响, 如产生一些非线性误差, 影响示值的准确性。

### **192. 怎样判断游丝应收缩或放大?**

(1) 由于压力表机芯上游丝的安装方向一般都是由外端向顺时针方向盘旋, 所以压力表调整时多数是张游丝(放游丝), 真空表调整时多数是收缩游丝(紧游丝)。

(2) 压力表调整时放游丝或紧游丝的程度, 以指针达到上限时仍有一定反力矩为宜。若放(紧)的圈数过少, 指针未到上限时游丝已恢复原状, 预施的反力矩完全消失。当卸压时, 指针有可能靠不紧盘止钉。

若放的圈数过大, 则会增加机构摩擦力, 产生单侧并圈, 若紧的圈数过多, 游丝容易隆起。

(3) 放(紧)游丝时要注意中心齿轮与扇齿的啮合情况, 在无压力情况下, 以啮合于扇齿 3~5 牙为宜, 压力真空表以啮合 6~7 牙为宜。

(4) 检查游丝放(紧)状态时, 驱动扇齿轮使中轴齿转动一圈, 同时检查一下啮合中有无受阻。

### 193. 怎样整修游丝?

在压力表的检修中, 当机芯游丝变形较大或发生紊乱情况, 很少对其进行整修, 或调换游丝, 或更新机芯。只有在以下情况下可对游丝进行整修。

(1) 游丝不平, 或中部向上成馒头形, 或中部向下成碗形。

这种情况的整修方法就是用镊子夹住游丝根部, 或向上拎, 或向下压, 即可修理平整。

(2) 游丝向左偏心或向右偏心。

这种情况可用镊子夹住游丝根部, 增加或减少尾端工作长度进行修整即可解决。

(3) 游丝平面倾斜, 一头高, 一头低。

这种情况可用镊子垂直夹住游丝尾部, 哪侧比平面高, 镊子就向哪侧方向倾斜施力, 矫正直至面平为止。

#### 194. 轮轴不转怎样修理?

轮轴不转是指中齿轴或扇齿轴不能转动,而造成仪表失去工作性能。

轮轴不转时,首先应查明原因,搞清是哪个零件的什么部位受影响。检查方法是分别将扇齿轴和中齿轴上下活动,哪个轴不动,问题就出在哪个轮轴上。检修目标找到后,应仔细观察造成不转的原因,是轴孔之间的径向间隙过小,或是齿牙啮合间存在问题,原因查明之后,可采取适当方法加以修理。

(1) 由于轴孔之间的径向间隙过小而造成轮轴不转,可拆下上下夹板,用铰刀将轴孔扩大,或用砂纸将轮轴打磨光洁。

(2) 由于上下板的轴向间隙过小而造成轮轴不转,可用螺丝刀插入上下板之间,以外壳为支点,将轴孔处上板向上撬起一些,但要注意上下板轴孔的同心偏离不要太大,以免造成中轴不垂直。

(3) 由于齿牙啮合存在问题,可在啮合处敷上研磨剂,用左手捻动中心轮轴,右手推动扇齿尾部,强迫两齿对研,也可收到一定效果。若是由于中轴齿或扇齿个别齿牙崩缺、磨损,这是无法修理的,必须更换机芯。

#### 195. 连杆不活络的原因是什么?

压力表的调校过程中,在用手指上下拨动连杆时,要求连杆前后能有一定的活动余量,否则仪表在运行的过程中会产生卡针现象,也会产生较大的位移,这种现象叫连杆不活络,也叫“连杆发死”。产生连杆不活络的原因主要

有以下几点：

(1) 连杆两端的机芯扇齿和封口片不在一个平面中，造成连杆安装后是斜的，如图 6-8。在无压力或加压的情况下，连杆与封口片或扇齿产生摩擦而使连杆发死。

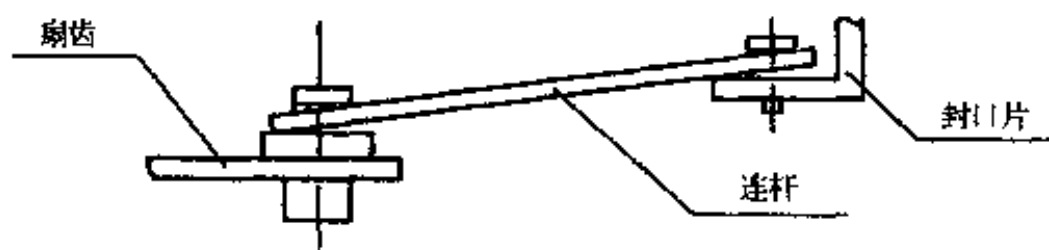


图 6-8 连杆倾斜

(2) 封口片上下板间隙不平行，造成连杆在封口片一端没有活动余量，运行中处于摩擦状态。

(3) 连杆安装是平行的，但是连杆一端或两端的轴向间隙很小或几乎没有，也是造成连杆不活络的原因之一。

#### 196. 连杆不活络怎样进行修理？

(1) 连杆两端的机芯扇齿和封口片不在同一平面上，而且两端均不可以改变已有位置，此时只要将连杆掰成“之”字形即可保证连杆两端不会和封口片、扇齿产生摩擦。

(2) 封口片上下板间隙不平行，则应在连杆安装之前，对封口片进行修整，以保证其间隙均匀。

(3) 若连杆一端或两端轴向间隙很小或几乎没有，可用连杆板手左右摇动连杆，以达到加大间隙的目的。

#### 197. 怎样焊接弹簧管？

如果压力表在弹簧管的根部或封口片端的焊接处发生

泄漏，可用焊接的方法进行焊接修理。

(1) 焊接前，应用粗砂纸或刀片将焊接部位的污层、氧化物或漆层打磨，清除干净。

(2) 用毛笔在焊接处涂上适量的氯化锌溶液，用 300W 电烙铁加热后，先沾一点氯化锌溶液及适量的焊锡，即可对泄漏点进行焊接。

(3) 焊封口片时，应将机芯上(下)板放在接头上面，用连杆来确定封口片位置的高低。

(4) 焊接后的弹簧管，应在测量上限进行 10min 的静压检查，并用毛笔沾上肥皂水涂在焊接处，观察有无气泡出现，以确定焊接处是否有泄漏。

(5) 焊接合格后，在焊接部位涂上黑色或蓝色油漆，以起防腐作用。

### **198. 压力表检修完毕后应做好哪些工作？**

(1) 检查所有的螺钉是否已经拧紧，每个螺钉都不允许有松动情况，特别是机芯和连杆的紧固螺钉。

(2) 检定不合格可以降级使用的压力表，应在表盘上做好更改后的精度标志。

(3) 擦去表盘和表玻璃上污渍，然后装上衬圈、罩壳。

(4) 仪表组装完毕后，可将表体拿起轻轻摇晃一下，听听有无响声，以免有小零件或杂物遗在表壳内。

(5) 将检定合格的仪表加上铅封装置。

(6) 每日工作完毕后，应将精密压力表从校验器上拆下，放入表盒中加以存放。

### 199. 怎样清洗压力表?

压力表经过一段时间使用后,由于仪表的工作环境是各种各样的,或风吹日晒雨淋,或各种介质的腐蚀,仪表各部会产生一定的脏污、锈蚀,在仪表的检定前应对被检仪表进行适当清洗。

(1) 如仪表接头导压孔内有污垢,可用针管向导压孔内注入汽油,摇晃洗涤,然后甩出,反复几次,则可清洗干净。

(2) 若表壳内沉积灰尘,可拆下罩壳,反过来将灰尘磕出来,再用气吹子将余灰吹干净。

(3) 表玻璃上若有灰尘、污垢会有碍仪表读数,可将表玻璃取下来用清水清洗干净或用棉丝沾上酒精擦拭干净。

(4) 由于潮湿大气腐蚀,仪表接头可能会产生锈蚀,将影响仪表的安装,此时可浸入汽油中进行刷洗去锈,也可以用相应的螺纹板牙过一遍,除去螺纹上的锈垢。

### 200. 怎样正确安装、使用、维护压力表?

(1) 安装前应核对仪表的型号、规格、精度等级是否符合仪表使用要求。检查仪表的接头螺纹和安装的阴螺纹是否一致。

(2) 压力表应垂直安装,倾斜度一般不大于  $30^\circ$ ,并力求与测量点保持同一水平,以免带来指示误差。

(3) 安装后,在无压力的情况下,观测指针是否在零位或紧靠盘止钉,否则不宜使用。

(4) 测量蒸汽压力时,压力表下端应装有环形管,使用中由水来传递蒸汽压力,以免高温蒸汽冲入弹簧管内,

## 压力仪表 200 问

影响仪表精度，或不慎使焊锡熔化，造成仪表泄漏，发生事故或烫伤人。

(5) 使用时应缓慢打开阀门，使压力慢慢升到工作位置。

若突然打开阀门，如压力失控，超过测量上限，会造成弹簧管被打坏、变形或造成扇齿脱牙而使仪表失去功能。

(6) 使用完毕后，应缓慢卸压，不要使指针猛然降至零位，这样指针回撞在盘止钉上，会将指针打弯甚至打断。

(7) 仪表要按规定要求进行检定或维修。

(8) 拆下来的仪表应存放在防尘、干燥、无腐蚀的环境中。

附录 A

常用压力单位换算表

		P <sub>a</sub>	kPa	MPa	bar	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmH <sub>2</sub> O	mmHg	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
帕斯卡	P <sub>a</sub>	1	0.001	0.000 001	0.000 01	0.000 01	0.000 01	0.101 97	0.007 5	0.000 145
千帕	kPa	1 000	1	0.001	0.01	0.010 197	0.009 87	101.972	7 500.62	0.145 04
兆帕	MPa	1 000 000	1 000	1	10	10.197 2	9.869 23	101 972	7 500.62	145.038
巴	bar	100 000	100	0.1	1	1.019 72	0.986 92	10 197.2	750.062	14.503 8
工程 大气压	kgf/cm <sup>2</sup>	98 066.5	98.066 5	0.098 067	0.980 665	1	0.967 84	10 000	735.556	14.223 3
标准 大气压	atm	101 325	101.325	0.101 325	1.013 25	1.033 23	1	10 332.3	760	14.695 9
毫米水柱	mmH <sub>2</sub> O	9 806 65	0.009 81	0.000 01	0.000 98	0.000 98	0.000 1	1	0.073 55	0.001 42
毫米汞柱	mmHg	133.322	0.133 322	0.000 133	0.001 33	0.001 36	0.001 32	13.595 1	1	0.019 34
磅力每 平方英寸	lbf/in <sup>2</sup> (psi)	6 894.757	6.894 757	0.006 89	0.068 94	0.070 31	0.068 05	703.070	51.715 1	1



附录 B

压力表允许误差表 MPa

	1	1.6	2.5	4
0.1	$\pm 0.001$	$\pm 0.0016$	$\pm 0.0025$	$\pm 0.004$
0.16	$\pm 0.0016$	$\pm 0.00256$	$\pm 0.004$	$\pm 0.0064$
0.25	$\pm 0.0025$	$\pm 0.004$	$\pm 0.00625$	$\pm 0.01$
0.4	$\pm 0.004$	$\pm 0.0064$	$\pm 0.01$	$\pm 0.016$
0.6	$\pm 0.006$	$\pm 0.0096$	$\pm 0.015$	$\pm 0.024$
1	$\pm 0.01$	$\pm 0.016$	$\pm 0.025$	$\pm 0.04$
1.6	$\pm 0.016$	$\pm 0.0256$	$\pm 0.04$	$\pm 0.064$
2.5	$\pm 0.025$	$\pm 0.04$	$\pm 0.0625$	$\pm 0.1$
4	$\pm 0.04$	$\pm 0.064$	$\pm 0.1$	$\pm 0.16$
6	$\pm 0.06$	$\pm 0.096$	$\pm 0.15$	$\pm 0.24$
10	$\pm 0.1$	$\pm 0.16$	$\pm 0.25$	$\pm 0.4$
16	$\pm 0.16$	$\pm 0.256$	$\pm 0.4$	$\pm 0.64$
25	$\pm 0.25$	$\pm 0.4$	$\pm 0.625$	$\pm 1$
40	$\pm 0.4$	$\pm 0.64$	$\pm 1$	$\pm 1.6$
60	$\pm 0.6$	$\pm 0.96$	$\pm 1.5$	$\pm 2.4$
100	$\pm 1$	$\pm 1.6$	$\pm 2.5$	$\pm 4$
160	$\pm 1.6$	$\pm 2.56$	$\pm 4$	$\pm 6.4$
250	$\pm 2.5$	$\pm 4$	$\pm 6.25$	$\pm 10$
400	$\pm 4$	$\pm 6.4$	$\pm 10$	$\pm 16$
600	$\pm 6$	$\pm 9.6$	$\pm 15$	$\pm 24$
1 000	$\pm 10$	$\pm 16$	$\pm 25$	$\pm 40$

附录 C

压力表检定记录

送检单位 \_\_\_\_\_ 检定日期 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 仪表名称 \_\_\_\_\_ 测量范围 \_\_\_\_\_ MPa  
 制造厂 \_\_\_\_\_ 检定温度 \_\_\_\_\_ ℃  
 仪表编号 \_\_\_\_\_ 允许误差 \_\_\_\_\_ MPa  
 精度等级 \_\_\_\_\_ 分度值 \_\_\_\_\_ MPa  
 外观检查 \_\_\_\_\_ 标准器误差 \_\_\_\_\_ MPa

标准压力 /MPa	轻敲后的示值		轻敲变动		回程误差
	升压	降压	升压	降压	
核定结果：      符合      级					

检定员： \_\_\_\_\_ 年    月    日  
 审核： \_\_\_\_\_ 年    月    日

## 参考文献

- 1 蒋思敬编. 压力计量. 北京: 中国计量出版社, 1991
- 2 王俊生编. 一般压力表检修百问百答. 北京: 中国计量出版社, 1984
- 3 许第昌编. 压力计量测试. 北京: 中国计量出版社, 1998
- 4 许国正编. 压力表. 北京: 水力电力出版社, 1990
- 5 [日] 知久明编. 压力测量仪器的管理. 北京: 中国计量出版社, 1983
- 6 机械部仪器仪表工业局编. 压力仪表装校工艺. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 7 左景伊编. 腐蚀数据与选材手册. 北京: 化学工业出版社, 1996

[ G e n e r a l   I n f o r m a t i o n ]

书名=压力仪表200问

作者=

页数= 1 3 6

S S 号= 0

出版日期=

封面  
书名  
版权  
前言  
目录  
正文