

高等學校教學用書

熱工測量和儀表

下 冊

蘇聯 維·波·普雷奧勃拉仁斯基著

(45)



電力工業出版社

高 等 学 校 教 学 用 书

熱工測量和儀表

下 册

蘇聯 維·波·普雷奧勃拉仁斯基著

陳 珩譯

蘇聯高等教育部審定作為動力學院熱力工程各系的教材

電 力 工 業 出 版 社

本書敘述熱力工程各項重要數值的測量方法，介紹各種最常用的熱工測量儀表的動作原理和構造，各式儀表的優點和缺點，測量的誤差、測量的工作法和儀表裝置方面的重要規則等基本知識。

原書除原序，緒論外，分爲六部分，共十五章。譯本分上下兩冊出版，下冊包括原書的第二、三、四、五、六部分共九章。

本書係蘇聯高等學校熱力工程各系“熱工測量和儀表”課程的教科書。

В. П. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ

根據蘇聯國立動力出版社1953年莫斯科增訂第2版翻譯

熱工測量和儀表下冊

陳珩譯

205R45

電力工業出版社出版（北京前門外大街26號）
北京市書刊出版業營業登記證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：劉玉枝 汪汝源 校對：趙桂芬 余國芳

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 11 $\frac{1}{2}$ 印張 * 272千字 * 定價（第8類）2.12元

1955年7月北京第1版

1956年8月北京第4次印刷（5,361—8,390冊）

目 錄

第二部分 壓力和負壓力的測量

第七章 壓力和負壓力的測量	195
第 1 節 一般知識	195
第 2 節 液體壓力表	197
第 3 節 彈簧機械式儀表	204
第 4 節 接觸點式和能用電將指示值傳送到遠處的儀表	213
第 5 節 活塞式壓力表	215
第 6 節 電氣式壓力表	218
第 7 節 一般的工作法指示和裝置儀表的主要規則	222

第三部分 液體、氣體、蒸汽的流量和熱量的測量

第八章 速度式和容積式流量表	225
第 1 節 基本知識	225
第 2 節 速度式流量表	226
第 3 節 容積式流量表	230
第九章 用動壓測定管來測量液體和氣體的流速和流量	232
第 1 節 基本知識	232
第 2 節 動壓測定管的構造	234
第 3 節 液體和氣體的平均流速及流量的決定	236
第十章 用節流式測量設備來測量液體、氣體和蒸汽的流量	239
第 1 節 理論基礎	239
第 2 節 節流式測量設備的標準型式	245
第 3 節 在用標準節流設備測量流量時所用計算公式中的係數和改正因數	250
第 4 節 流過的物質重度的求法	250
第 5 節 計算的公式	263
第 6 節 流量測量的誤差	267
第 7 節 計算節流式測量設備孔徑和差壓計刻度標尺的工作法	274
第 8 節 液體、氣體和蒸汽流量測量的特殊情況	277
第 9 節 關於差壓計的基本知識	285
第 10 節 便攜帶式差壓計	287
第 11 節 機械式差壓計	289
第 12 節 差壓計的機械式積算器	295
第 13 節 能將指示值用電傳送至遠處的差壓計	297

第 14 節 用節流設備來測量物質流量的一般工作法指示	308
第 15 節 關於校驗與節流設備相配合工作的差壓計的基本知識	316
第十章附錄	321
第十一章 固定壓力降的流量表	347
第 1 節 轉子流量表	347
第 2 節 ППЭ型流量表	350
第十二章 熱量表	351
第 1 節 基本知識	351
第 2 節 熱量表的構造	352

第四部分 液面的測量

第十三章 液面的測量	356
第 1 節 一般知識	356
第 2 節 鍋爐汽鼓內的水位測量	356
第 3 節 貯蓄器內的液面測量	360

第五部分 煙 氣 的 分 析

第十四章 煙氣的分析	363
第 1 節 一般知識	363
第 2 節 人工的和實驗室所用的化學式氣體分析器	363
第 3 節 化學式自動氣體分析器	368
第 4 節 機械式自動氣體分析器	373
第 5 節 電氣式自動氣體分析器	379
第 6 節 用來分析氧分的磁力式自動氣體分析器	385
第 7 節 供分析之用的氣體試樣的抽取和關於裝置氣體分析器的基本知識	387

第六部分 蒸汽、給水和爐水品質的檢查

第十五章 蒸汽、給水和爐水品質的檢查	391
第 1 節 基本知識	391
第 2 節 測量溶液導電率的理論基礎	391
第 3 節 含鹽計的構造	395
第 4 節 蒸汽的取樣	400
第 5 節 關於含氧計構造的基本知識	401
參考文獻	1
譯名對照表	2
譯後記	4

第二部分 壓力和負壓力的測量

第七章 壓力和負壓力的測量

第1節 一般知識

液體、氣體和蒸汽的壓力，是由它們垂直作用在單位面積上的力來決定的。在測量壓力時，我們可以採用絕對壓力或表壓力（即超大氣的壓力）。在有些情況下，當不可以把大氣壓力的影響除外時，就必須知道絕對壓力，例如：在決定液體的沸點時，在試驗各種不同種類的機組時等。在工程上，不管是在工業的或在實驗室的條件下，大多數情況是和表壓力發生關係的。

所謂「絕對壓力」就是指在液體、氣體或蒸汽所處地位上面的全部壓力，它等於表壓力 p 和大氣壓力 p_a 的和，即

$$P = p + p_a. \quad (7-1)$$

用來測量大氣壓力的儀表叫做氣壓表，而由氣壓表上所求得的大氣壓力往往被稱為氣壓表壓力。用來測量表壓力（超大氣壓力）的儀表通稱為壓力表。表壓力有時叫做壓力表壓力。

按方程式(7-1)解出 p 的數值，就可得到：

$$p = P - p_a, \quad (7-2)$$

也就是表壓力等於比大氣壓力為高的絕對壓力和大氣壓力之間的差。

這樣一來，壓力表所指示的，將始終是絕對壓力與大氣壓力的差，因此對於後者是未予計及的。

假如絕對壓力比大氣壓力低一個數值 p_0 ，那末這個數值就叫做負壓力（真空）。這樣一來，所謂「負壓力」就是指大氣壓力與比大氣壓力為低的絕對壓力之間的差了：

$$p_0 = p_a - p. \quad (7-3)$$

用來測量負壓力的儀表叫做真空表。

接下去我們要討論測量壓力時所用的單位。

在 CGS（公分、克、秒）絕對單位制中，力的單位是達因（ dyn ）而面積的單位則是平方公分（ cm^2 ），這樣一來，壓力的單位就將是達因/平方公分（ dyn/cm^2 ）了。這個單位叫做微巴或巴利，並用字母 b 來代表。

在 MTS（公尺、噸、秒）絕對單位制中，採用斯正（ cm ）為力的單位，而採用平方公尺為面積的單位，這樣一來，壓力的單位就是斯正/平方公尺（ cm/M^2 ）了。這個單位叫做皮茲（ nd ）。因為皮茲本身太小，對於實際應用不方便，所以採用等於皮茲

100 倍的壓力為單位，而稱它為百皮茲(мб)或巴(B)。

在測量中廣泛採用巴的分數為單位，即所謂毫巴(мб)，它等於巴的千分之一。

在工程上用的 MKFS (公尺、公斤力、秒)單位制中，採用公斤(кг)為力的單位，而採用平方公尺為面積的單位。因此，壓力的單位就將是公斤/平方公尺(кг/м²)了。這個單位並沒有特殊的名稱。

上面所討論的壓力單位(дин/см²、сн/м² 和 кг/м²)，由於過於微小，對於實際應用不大適用；至於說到它們的倍數單位(百皮茲或巴)，則因為 MTS 制沒有得到普遍的推廣，所以它也沒有得到採用。

由於上述的原因，在科學和技術上引用了實用的壓力測量單位：在最初的這一類單位中，有一種就是物理大氣壓，即當水銀的重度為 13.5951 克/立方公分而在標準重力加速度 980.665 公分/秒² 時，作用在底面上的壓力等於 760 公厘水銀柱。這個在當時曾普遍推廣的單位，在目前已經不用了，而用通常稱為工程大氣壓或簡稱大氣壓的壓力單位來代替它。這個單位等於在每一平方公分的面積上有一公斤力的壓力；所謂「公斤力」就是指能使 1 公斤質量的物體發生 980.665 公分/秒² 加速度的力。

除了工程大氣壓以外，也採用公尺水柱(м вод. ст.)，公厘水柱(мм вод. ст.)和公厘水銀柱(相當於 1 公尺、1 公厘水柱和 1 公厘水銀柱作用在底面上的壓力)來作為測量壓力的單位。當用液柱測量壓力時，液柱應該是指：對於水為 4°C、對於水銀為 0°C 而且在標準重力加速度等於 980.665 公分/秒² 時的數值。

在英國的度量制度中，採用每平方吋(6.452 平方公分)面積上有 1 磅(0.4536 公斤)力作為壓力的單位。這個壓力單位在蘇聯是不用的。

在以上所述的各種壓力單位之間，存在着下列的關係：

1 公斤/平方公分=980.665達因/平方公分	1 百皮茲=1 B=10.197公尺水柱
1 公斤/平方公分=0.9806百皮茲	1 百皮茲=1 B=750.06公厘水銀柱
1 公斤/平方公分=10⁴公斤/平方公尺	1 毫巴=0.75公厘水銀柱
1 公斤/平方公分=0.9578物理大氣壓	1 物理大氣壓=1.0332公斤/平方公分
1 公斤/平方公分=10公尺水柱	1 物理大氣壓=10.332公尺水柱
1 公斤/平方公分=735.56公厘水銀柱	1 磅/平方吋=0.0703公斤/平方公分
1 公斤/平方公分=14.225磅/平方吋	1 磅/平方吋=703公斤/平方公尺
1 公斤/平方公尺=1公厘水柱	1 磅/平方吋=51.715公厘水銀柱

下面我們要來討論各種不同的壓力和負壓力的測量方法以及最普遍採用的儀表。隨着用途的不同，它們全部按準確度分為各種等級。準確度的等級，是以相當於通常用儀表刻度標尺限值的百分數來表示的容許誤差的數目來表徵的。用來測量壓力和負壓力的儀表所採用的準確度等級相當於下列的次序：0.005；0.02；0.05；0.1；0.2；0.5；1.0；1.5；2.5；4。除此以外，還製造準確度等級為 0.35 的筒型彈簧壓力表和真空表。在用來測量壓力和負壓力的儀表中，採用準確度等級，大大地簡化了儀

表的選擇，除此以外，並消除了在決定誤差時可能的任意性。

用來測量壓力和負壓力的儀表，根據它們的用途可以分為三個主要的類別：標準的、範型的和實用的。

按照動作的原理，所有用來測量壓力和負壓力的儀表又可以分為五種主要的類型：液體的、彈簧的、綜合的、活塞的和電氣的。

在綜合的一類儀表中，包括浮筒式、圓環式和鐘罩式的，也就是包括所有具有混合特性的儀表^①。

彈簧的和綜合的儀表有做成機械式的，也有做成能將指示值用電傳送到遠處的；後者通常是和一個或兩個二級儀表共同工作的。

第2節 液體壓力表

基於液體靜力學作用原理的液體壓力表，廣泛地應用在壓力和負壓力的測量中。雖然除了液體壓力表外還有足夠多的基於其他壓力測量方法的壓力表，但是在很長的時期中，直到現在為止，不管是在實驗室工作中或在各種不同的工業部門中，它們還是被廣泛地應用着。所以如此的原因，應該歸於它們的運用簡單，測量的準確度比較高，最後還有它們的價格低廉。

U形管壓力表 用來測量壓力、負壓力和壓力差的最簡單而同時又準確的儀表，就是U形玻璃管壓力表，在它裏面的工作液體充滿到它高度的一半(圖7-1)。用這種儀表來測量壓力的原理，是基於直接對工作液體液面差 h 的觀察。通常是採用水銀或水來作為工作液體的。然而在精密的壓力測量中，由於水的毛細管性質，使它不能在用直徑小的玻璃管所做的U形管壓力表內作為工作液體之用。在這種情況下，宜採用酒精或甲苯來作為工作液體。

假如U形管的一根管子和需要測量壓力的容器接通，而另一根管子在開放的狀態中，也就是和大氣連通，那末要測量的壓力 p ，可以用下面的方程式求出：

$$p = h \cdot \gamma, \quad (7-4)$$

式中 p ——表壓力，公斤/平方公分；

h ——工作液體的液面差，公分；

γ ——工作液體的重度，公斤/立方公分。

假如用U形管壓力表測量壓力以該工作液體柱高度的公厘數來計數，則 $p = h$ 。

U形管壓力表，如上所述，也可用來測量負壓力，也就是用作真空表；同樣，它也可用作差壓計來測量壓力差。

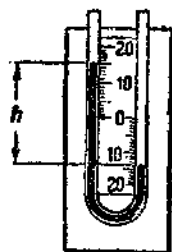


圖7-1 U形管壓力表

① 關於浮筒式、圓環式和鐘罩式儀表的敘述見第十章。

假如按 U 形管儀表來讀液柱的高度用眼睛來進行，那末在測量液柱高度時的絕對誤差可以估計為 1 公厘。同時應當注意到，刻度標尺本身的誤差和求工作液體重度時所生的誤差，都被我們略去不計了，因為這些誤差比起讀表的誤差來都是很微小的。由於在 U 形管壓力表中必須進行兩次讀表，所以在這種情況下，最大的絕對誤差可能要達到 2 公厘。由此可知，用 U 形管儀表來測量壓力、負壓力和壓力差時的相對誤差，主要是隨工作液體柱的高度和它的讀數的準確度而定的。

為了提高工作液體柱高度讀數的準確度，範型的 U 形管壓力表裝置着帶有反射鏡的刻度標尺。在這種情況下，當刻度標尺的每一分格的數值為 1 公厘時，液體柱高度的讀數可能帶有 0.25 公厘的誤差。假如考慮到必須進行兩次讀表，則總的誤差將不低於 0.5 公厘。在作精密的測量時，進行兩次讀表是很不便的。因此，為了避免這些不便，同時又為了減少誤差，預先把 U 形管壓力表的管子的刻度校正好，藉此就可以祇進行一次讀表了。

在測量很小的壓力時，例如，以液體柱的高度來表示總共不過十分之幾公厘的壓力，U 形管儀表就成為很粗陋，那就要用一種被稱為微壓計的儀表來代替它。U 形管壓力表對於測量比較大的壓力是完全不適宜的。

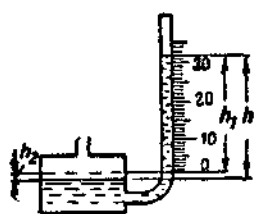


圖 7-2 杯形壓力表簡圖

杯形壓力表 在圖 7-2 中所示為杯形壓力表的簡圖。它基本上就是一個 U 形壓力表，但其中的一根管子做成了容器的形式，而且它的截面積比另外一根管子的截面積要大得多。所測的壓力作用在面積較大的容器內的工作液體面上，迫使工作液體沿着測量的玻璃管向上昇去。設在所測壓力的作用下，測量管中的液面昇高 h_1 ，而面積較大的容器內液面降低了 h_2 ，那時相當於所測壓力的液柱高度將等於：

$$h = h_1 + h_2. \quad (7-5)$$

假如 F_1 ——測量管的截面積，而 F_2 ——寬廣容器的截面積，那末

$$F_1 h_1 = F_2 h_2, \quad (7-6)$$

這是因為在測量管中所增加的液體體積 $F_1 h_1$ ，應等於由寬廣容器中流出的液體體積 $F_2 h_2$ 。

由方程式(7-5)和(7-6)解出 h ，可得到：

$$h = h_1 \left(1 + \frac{F_1}{F_2} \right), \quad (7-7)$$

也就是相當於所測壓力的實際液柱高度要比由測量管中所讀得的高度為高。所超出的數值為 $h_1 \cdot \frac{F_1}{F_2}$ 或 $h_1 \cdot \frac{d^2}{D^2}$ ，式中 d ——測量管的內徑，而 D ——寬廣容器的內徑。

假如 γ ——工作液體的重度，公斤/立方公分，而 h_1 用工作液體柱高度的公分數來表示，那末由方程式(7-7)可得到：

$$p = h\gamma = h_1\gamma\left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right), \quad (7-8)$$

式中 p ——壓力，公斤/平方公分。

假如工作液體的重度是用克/立方公分來表示，而 h_1 用公厘來表示，那末所得的壓力就是以公厘水柱為單位的了。

杯形壓力表比起 U 形管壓力表來的主要優點是它可以祇讀一次表，因為在寬廣容器內的工作液體高度差可以略去不計，也可以用加改正值的方法來予以計入。

這種現象，也就是祇進行一次讀表的可能性，使得由於讀表可能造成誤差減少了一半。

假如寬廣容器的內徑等於 80 公厘，而測量管的內徑等於 4 公厘，那末，當測量管內的工作液體昇高任何一個高度時，寬廣容器內的工作液體面將降低這個高度的 $\frac{4^2}{80^2}$ ，也就是 0.25%。因而，假如在杯形壓力表中要把寬廣容器內的液面變更考慮在內的話，那末所測得的工作液體柱高度就必須增加 0.25%。

杯形壓力表的外貌示於圖 7-3 中。對於這種儀表，因數 $\left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right)$ 等於 1.00173；由此可見，由於不考慮這個因數(乘數)而生的誤差，不超過 0.173%。對於一定的工作液體(通常是酒精—— $\gamma = 0.81$ 克/立方公分)，杯形壓力表的刻度標尺是按公厘水柱來刻度的。

在範型的杯形壓力表中，為了提高讀工作液體柱高度的準確度，裝置了帶反射鏡的刻度標尺。

微壓計 微壓計是一種實驗室用的儀表，供測量微小的壓力、負壓力以及不大的壓力差之用，所測量的壓力都以十分之一公厘水柱來計數。在這裏要用前面所述的液體儀表來測量是不可能的，因為這些儀表的誤差太大。

為了減少誤差，在這種儀表內採用了特殊的光學設備，或者使杯形壓力表的測量管子成傾斜的狀態。

當進行工程上的測量工作以及要求迅速讀表的測量工作時，最好採用帶傾斜管子的微壓計，因為裝置着光學設備的微壓計在這種情況下是不方便的。

圖 7-4 所示為帶傾斜管的微壓計簡圖。當測量壓力時，需要測量壓力的空間和寬廣容器相連通，而當測量負壓力時則與傾斜管相連通。在測量壓力差的情況下，則把較高的壓力和寬廣容器接通，而把較低的壓力和傾斜管接通。

設在所測壓力的作用下，與水平線之間有傾斜角度 α 的管子內的工作液體面在垂直方向昇高了一個高度 h_1 ，而在寬廣容器內的液面下降了 h_2 ，那時在儀表內工

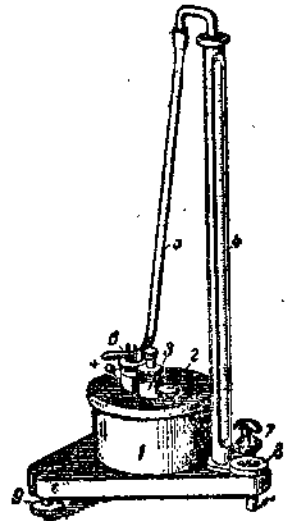


圖 7-3 杯形壓力表的外貌圖
1—容器；2—將加工作液體到儀表內去的開孔封閉的塞子；3—調整儀表零位的裝置（參看圖 7-5 中的類似裝置）；4—帶有刻度標尺的玻璃管；5—橡皮連通管；6—多向閥；7—放空液體的閥門；8—水平指示器；9—螺旋支腳。



圖 7-4 帶傾斜管子的微壓計簡圖

作液體面的高度差將等於：

$$h = h_1 + h_2, \quad (7-9)$$

式中

$$h_1 = n \sin \alpha, \quad (7-10)$$

假如 F_1 ——管子的截面積，而 F_2 ——寬廣容器的截面積，那末

$$n F_1 = F_2 h_2, \quad (7-11)$$

也就是在傾斜管內所增加的液體體積 $n F_1$ ，等於寬廣容器內所減少的液體體積 $F_2 h_2$ 。把由方程式 (7-10) 和 (7-11) 所算出的 h_1 及 h_2 的數值代入方程式 (7-9) 中，可得到：

$$h = n \left(\sin \alpha + \frac{F_1}{F_2} \right) \quad (7-12)$$

或

$$p = h \gamma = n \gamma \left(\sin \alpha + \frac{F_1}{F_2} \right), \quad (7-13)$$

假如在公式 (7-13) 中的重力 γ 以克/立方公分來表示而 h 以公厘來表示，那末所得出的 p 就將用工作液體柱高度的公厘數來表示了。

寬廣容器，也像在杯形壓力表中的情況一樣，做成比較大的截面積，藉此，在它裏面的工作液體面變動可以略去不計，而且可以不加改正值。在這種情況下，

$$h = n \sin \alpha$$

或

$$p = h \gamma = n \gamma \sin \alpha, \quad (7-14)$$

應該指出，在用同一工作液體而儀表刻度標尺也相同的情況下，玻璃管的傾斜角度 α 愈小，儀表的測量限度也就愈小。然而傾斜角度 α 小於 15° 的玻璃管是不製造的，因為在 α 的數值過小的情況下，在管子內所得到的液面拉得長而且沖散了，因而讀度就可能變得不準確了。

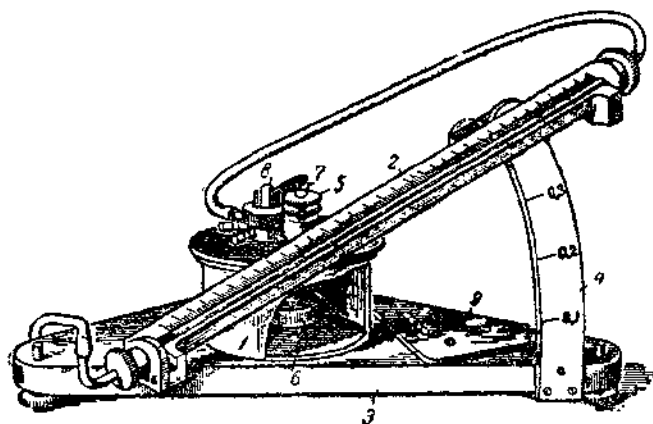


圖 7-5 測量管傾斜角度可以變更的微壓計

帶傾斜管的微壓計的刻度標尺，在很多的情況下對於一定的工作液體（通常是酒精）是按公厘水柱來刻度的。

圖 7-5 中所示是測量

管傾斜角度可以變更的微壓計。它包括：寬廣容器 1 以及與它相連的玻璃管 2，沿着這根玻璃管放着長度為 250 公厘的標尺，用它可以讀出的 h 值達 100 公厘水柱。寬廣容器 1 裝牢在有三個定位螺絲和兩個水平指示器 9 的底板 3 上；在這上面還裝着支架 4，用它在測量壓力時，就可能把玻璃管固定在四個不同傾斜角度的位置。刻在支架上的數字 0.1, 0.2, 0.3, 0.4，代表應乘的因數 $\gamma \left(\sin \alpha + \frac{F_1}{F_2} \right)$ 的數值。

把液體的曲面調整到零點，是藉特殊的附件 5 來改變寬廣容器 1 內酒精面的方法來進行的。這個附件，包括了一個可用帶有格蘭密封的螺絲設備 7 來調整浸入液體深淺程度的圓柱 6。在容器的蓋子上裝了多向的閥門 8，用它可以使容器和管子接通或斷開 [「+」(加)及「-」(減)]。

被採用的其他型式帶傾斜管的微壓計和上面所述的不同處祇是在不大的構造特徵上。

帶傾斜管的微壓計的基本誤差，隨它們的構造特徵而不同，約在由 ± 0.5 到 $\pm 1.5\%$ 的限度以內。

為了更準確地測量很小的壓力、負壓力和不大的壓力差，在實驗室工作條件下，採用裝有光學設備的杯形微壓計。

在圖 7-6, a 中簡略地表示着帶直立測量管的微壓計。在讀液柱高度時的高級準確度，是藉光學設備和具有游標尺或兩根刻度標尺而達到的。裝在活動架子上的光學設備包括：放大鏡 1 和與它位於同一光學中心線上的凹面反射鏡 2。這個架子可以用分厘卡式的或者導桿式的螺絲來向上或向下移動位置。當架子位於液體曲面的水平時，那時通過放大鏡(向箭頭 4 所指的方向看)不但可以看見液體曲面本身，而且可以看見它在凹面反射鏡內的像 3。當直立的和倒的像剛好相接觸時，就可以進行讀表了。

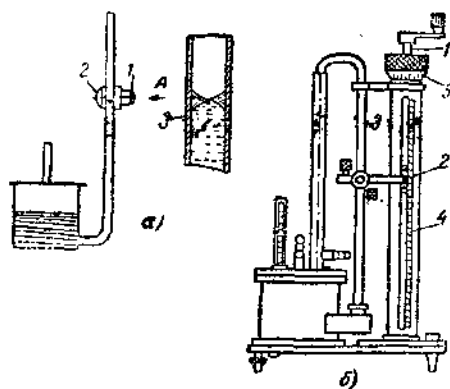
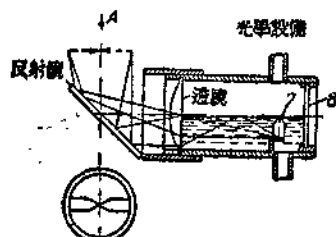
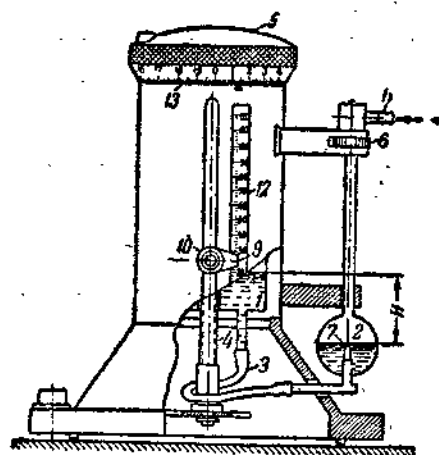


圖 7-6

a—帶直立測量管的簡型微壓計簡圖；
b—АЛД 型微壓計。

按照圖 7-6, a 的簡圖所做成的儀表，實際有好幾種型式。在其中我們要進行討論的，是耶·弗·多林斯基(Е. Ф. Долинский)所建議的全蘇測量科學研究所(ВНИИМ)的 АЛД 型微壓計。這個儀表具有(圖 7-6, b)帶旋柄的導桿式螺絲 1，在旋轉它時，可以把帶有放大鏡和凹面反射鏡的活動架子 2 搬移位置。在管子 3 內的液柱高度，是由架子移動的多少來決定的，這個數值可在直立的刻度標尺 4 和刻在導桿式螺絲頭上的刻度盤 5 上面讀出。按分格為由 0 到 200 公厘的標尺 4 讀出的，是以公厘來表示的整數部分；而按刻度盤 5 讀出的則是公厘的小數。刻度盤 5 共分爲 10

格，而導桿式螺絲的節距為 2 公厘，因而，刻度盤 13 的每一分格代表的數值相當於 0.05 公厘。當 АЛД 型微壓計內盛着酒精時；測量的上限等於 160 公厘水柱。



沿箭頭 A 所示的方向觀測

圖 7-7 補償式微壓計

下面接着要討論的是圖 7-7 中所表示的微壓計。它是補償式的儀表，可供測量 120 公厘水柱以下的壓力、負壓力和壓力差之用。補償式微壓計包括兩個容器 1 和 2，中間用橡皮管連通。在容器 1 的中心，有個螺絲帽，通過這個螺絲帽穿着分厘卡式的螺絲 4。分厘卡式螺絲的下端以鉸鏈的方式和儀表的底座相連，而它的上端則固定地和頭子 5 連牢。這樣一來，在旋轉頭子 5 時，容器 1 就可以沿着螺絲 4 的軸線向上或向下移動。移動容器 1，直到容器 2 內的水平面停在觀察釘 7 的尖端上為止。藉通過側面玻璃 8 所射入的光線，就可能用特殊的光學設備來觀察觀察釘尖端和它在水面上影子的接觸，如圖 7-7 中所示。

在開始進行工作時，先用水平指示器把儀表位置整定好，並使指針 9 和頭子 5 都指在刻度標尺的零點。然後在容器內注入蒸餾水，使在反射鏡內所看到的觀察釘尖端和它自己的像相接觸。

為了準確地校正零點的位置，要旋轉螺絲帽 6，把容器 2 向上或向下移動。在測量負壓力時，校測量的部分是和接頭 13 相連的，而在測量壓力時則和接頭 11 相連。假如需要測量壓力差，那末壓力高的部分要和接頭 11 相連而壓力低的部分則和接頭 10 相連。

在壓力或壓力差的影響下，容器 1 內的水面就要昇高，而容器 2 內的水面則要降低。轉動頭子 5，使容器 1 昇高，直到反射鏡內的觀察釘頂端和它自己的像相對為止。以公厘水柱為單位的被測壓力讀數，可以直接在兩根刻度標尺上讀出來：整數部分按標尺 12 的格數讀出，而小數部分則由刻度盤 13 讀出。刻度標尺 12 每一

分格為 2 公厘，而刻度盤 13 則分為 100 個等分，每一等分相當於 0.01 公厘。

這種儀表的準確度，由於存在着螺絲的齒紋間隙，所以不會超過 0.02—0.05 公厘水柱。

在液體壓力表上應加的改正值 在討論供測量壓力用的液體壓力表時已經指出，有必要考慮由於不能正確地讀出液柱高度而產生的不可避免的誤差。

在進行精密的測量工作時，除了上述的以外，還必須考慮由於溫度和重力加速度的影響所造成的誤差。

前面已經說過，在用液體壓力表測量壓力或負壓力時，採用液柱高度 h 作為壓力的度量，這個高度通常用公厘水柱或公厘水銀柱來表示；同時液柱的高度：對於水要化為 4°C ，而對於水銀要化為 0°C ，並且都要化到標準重力加速度 $g=980.665$ 公分/秒² 時的數值。實際上，壓力表上的這個高度是在其他的溫度和重力加速度下讀得的。因此，在壓力表上直接讀出的讀數必須加以校正，就是說把它化為前述狀態下的指示值。同時，液體儀表刻度標尺的長度通常化為 20°C ，因為標尺的分格都是在這個溫度下刻成和校準的。

假如 h_t ——在溫度為 t 時讀出的儀表內的工作液面差，那末在標準溫度 t_0 下的

液面差 h_0 ，以一般的形式來表示將等於：

$$h_0 = h_t \frac{1 + \alpha(t - 20)}{1 + \beta(t - t_0)}, \quad (7-15)$$

或

$$h_0 = h_t \{1 - [\beta(t - t_0) - \alpha(t - 20)]\}, \quad (7-16)$$

式中 β ——工作液體在接近 20 °C 時的平均膨脹係數(對於水銀等於 0.00018,

水——0.0002, 乙醇——0.0011 度⁻¹);

α ——標尺所用材料的線膨脹係數(對於黃銅等於 0.000019, 鋼——0.000012,

玻璃——0.000008 度⁻¹)。

求出在標準溫度 t_0 和一定測量地點的重力加速度 g_φ 時的數值 h_0 以後，就可以按下列公式求出相當於標準重力加速度 g 時的液柱高度 h_N 來：

$$h_N = h_0 \frac{g_\varphi}{g}, \quad (7-17)$$

式中 g_φ ——當地的重力加速度，亦即對於地理上的緯度 φ 而言的重力加速度(對於莫斯科 $g_\varphi = 981.56$ 公分/秒²);

g ——標準重力加速度，等於 980.665 公分/秒²。

把由公式(7-16)算出的 h_0 數值代入公式(7-17)中，就可得到：

$$h_N = h_t \frac{g_\varphi}{g} \{1 - [\beta(t - t_0) - \alpha(t - 20)]\}. \quad (7-18)$$

例：在溫度為 30 °C 和 $g_\varphi = 981.56$ 公分/秒² 時，按 U 形管壓力表所測得的壓力 $h_t = 800$ 公厘水銀柱。係數 β 和 α 各等於 0.000182 及 0.000012 度⁻¹。求 h_N ，也就是把 h_t 化為標準條件時的數值：

$$h_N = 800 - \frac{981.56}{980.665} [1 - (0.000182 \times 30 - 0.000012 \times 10)] = 796.7 \text{ 公厘水銀柱 (當溫度為 0 °C 和 } g = 980.665 \text{ 公分/秒}^2 \text{ 時)}.$$

這樣一來，實際的壓力要比按儀表測量出來的壓力低 0.41%。

水銀氣壓表 氣壓表是用來測量大氣壓力的。在工程上，主要在求絕對壓力時需要應用它們。水銀氣壓表通常分為兩大類：杯形的和虹吸管式的。最普遍採用的是杯形的氣壓表。

在圖 7-8 中所示為杯形水銀氣壓表。在這種型式的氣壓表中，玻璃的容器和管子都是封閉在金屬的殼子 3 裏面的。在這個殼子的上部有一條貫穿的槽口 1，供觀察水銀柱的曲面之用。沿着槽口在殼子上刻着標尺的分格，用來計算在容器 2 內的液面變更。在殼子的槽口內放着特殊的瞄準器 5，在它上面裝置着游標尺，可藉螺絲 4 來移動。用這個螺絲來實現瞄準器對水銀柱曲面頂點的準確瞄準工作，藉此保證讀表的必要準確度。氣壓表應當位於垂直的位置，為此目的，它是自由地支持在圓環 6 上面的。在儀表的外面裝着一個小溫度表 7，用它可以檢查水銀柱和刻度標尺的溫度。

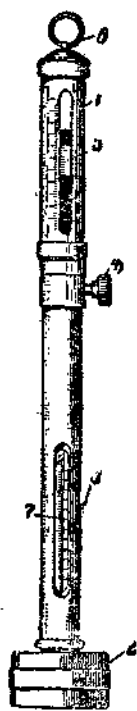


圖 7-3 杯形
水銀氣壓表

這種氣壓表的標尺按公厘水銀柱或毫巴來刻度。

我們都知道，氣壓表壓力是採用在 0°C 及標準重力加速度 $g = 980.665$ 公分/秒² 時、以公厘計數的水銀柱高度或毫巴來作為度量的。實際上，水銀柱的這個高度，都是在其他數值的溫度和重力加速度之下讀出的。因此，就必須把由氣壓表直接讀出的讀數加以校正，也就是把這個讀數化算為標準條件下的指示值，為此目的就要用下面的方程式

$$h_n = h_g [1 - (\beta - \alpha)t] \frac{g_g}{g}, \quad (7-19)$$

式中 h_g ——在溫度為 t 時按氣壓表讀出的水銀柱高度，公厘；

β ——水銀的膨脹係數，等於 0.000180 度⁻¹；

α ——黃銅的線膨脹係數（氣壓表的標尺是用黃銅做的），等於 0.000019 度⁻¹。

其餘的代號相當於公式(7-17)中所採用的。

重力加速度 g_g 可以用下面的公式來求出：

$$g_g = g [1 - 0.026 \cos 2\varphi - 0.0000002 H] \text{ 公分/秒}^2, \quad (7-20)$$

式中 φ ——地理上的緯度（對於莫斯科， $\varphi = 55^{\circ}45.3'$ ）；

H ——拔海的高度，公尺。

在用水銀氣壓表來作精確的氣壓測量時，還需要考慮到：（ α ）水銀在管子內的毛細管作用縮低與管子直徑及水銀曲面高度有關；（ δ ）在氣壓表管子內的真空不完全。這些改正值在校驗實用的水銀氣壓表時，通常包括在儀表的改正值以內。

由上所述可知，在按水銀氣壓表讀出的數值 h_g 上，應當引入下列的各項改正值。

C_1 ——在氣壓表檢驗證上指出的改正值；

C_2 ——把氣壓表的指示值化為 0°C 時的數值應加的改正值（按表 7-1）；

C_3 ——把氣壓表的指示值化算到緯度為 45° 而在海面上的數值（也就是化為標準重力加速度時的數值）應加的改正值（表 7-2）。

這樣一來，氣壓表壓力的實際數值 h_n 可由下面的方程式求出：

$$h_n = h_g + C_1 + C_2 + C_3. \quad (7-21)$$

假如祇要知道在一定地方的氣壓表壓力大小，則改正值 C_3 是不需要引入的。

第 3 節 彈簧機械式儀表

基本知識 基於各種不同彈性元件變形原理的彈簧機械式儀表，做成通風表、風壓表、氣壓表、壓力表、真空表和壓力-真空表等各種形式。這些儀表應用在廣闊的測量範圍中，可由十分之幾公厘水柱直到好幾千公斤/平方公分的壓力，既可

表 7-1

把帶黃銅刻度標尺的水銀氣壓表指示值化算到 0°C 時的數值應加的改正值

溫 度, °C	當氣壓表壓力為下列數值(公厘水銀柱)時的改正值, 公厘水銀柱								
	700	710	720	730	740	750	760	770	780
10	-1.14	-1.16	-1.18	-1.19	-1.21	-1.22	-1.24	-1.26	-1.27
11	-1.26	-1.28	-1.29	-1.31	-1.33	-1.35	-1.36	-1.38	-1.40
12	-1.37	-1.39	-1.41	-1.43	-1.45	-1.47	-1.49	-1.51	-1.55
13	-1.48	-1.51	-1.53	-1.55	-1.57	-1.59	-1.61	-1.63	-1.65
14	-1.60	-1.62	-1.64	-1.67	-1.69	-1.71	-1.74	-1.70	-1.78
15	-1.71	-1.74	-1.76	-1.79	-1.81	-1.83	-1.86	-1.88	-1.91
16	-1.83	-1.85	-1.88	-1.90	-1.95	-1.96	-1.98	-2.01	-2.05
17	-1.94	-1.97	-2.00	-2.02	-2.05	-2.08	-2.11	-2.13	-2.16
18	-2.05	-2.08	-2.11	-2.14	-2.17	-2.20	-2.23	-2.26	-2.29
19	-2.17	-2.20	-2.23	-2.26	-2.29	-2.32	-2.35	-2.38	-2.41
20	-2.28	-2.31	-2.35	-2.38	-2.41	-2.44	-2.48	-2.51	-2.54
21	-2.39	-2.43	-2.46	-2.50	-2.53	-2.56	-2.60	-2.63	-2.57
22	-2.51	-2.54	-2.58	-2.62	-2.66	-2.69	-2.72	-2.76	-2.79
23	-2.62	-2.66	-2.70	-2.75	-2.77	-2.81	-2.85	-2.88	-2.92
24	-2.73	-2.77	-2.81	-2.85	-2.89	-2.93	-2.97	-3.01	-3.05
25	-2.85	-2.89	-2.93	-2.97	-3.01	-3.05	-3.09	-3.13	-3.17
26	-2.96	-3.00	-3.05	-3.09	-3.13	-3.17	-3.21	-3.26	-3.30
27	-3.07	-3.12	-3.16	-3.21	-3.25	-3.29	-3.34	-3.38	-3.43
28	-3.19	-3.23	-3.28	-3.32	-3.37	-3.41	-3.46	-3.51	-3.55
29	-3.30	-3.35	-3.39	-3.44	-3.49	-3.54	-3.58	-3.63	-3.68
30	-3.41	-3.46	-3.51	-3.56	-3.61	-3.66	-3.71	-3.75	-3.80

表 7-2

將氣壓表壓力化算到緯度 45° 海面上的數值時, 也就是化算到標準重力加速度
時的數值應加的改正值

(a) 由於把氣壓表壓力化算為緯度 45° 處的數值應加的改正值

地理上的緯度	當氣壓表壓力化算 0°C 後為下列數值(公厘水銀柱)時應加的改正值, 公厘水銀柱			
	650	700	750	800
30°	-0.8	-0.9	-1.0	-1.1
35°	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7
40°	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4
45°	±0.0	±0.0	+0.0	±0.0
50°	+0.3	+0.3	+0.3	+0.3
55°	+0.6	+0.6	+0.6	+0.7
60°	+0.8	+0.9	+1.0	+1.1
65°	+1.1	+1.2	+1.2	+1.3

(6) 由於把氣壓表壓力化為海面上的數值時應加的改正值

拔海高度，公尺		改正值，公厘水銀柱
由	至	
0	500	+0.0
500	1200	+0.1
1200	1500	+0.2

用在實驗室的工作條件下，又可用在工業的條件下。原因是它們的構造簡單、可以搬移、應用簡單以及價格低廉。

在彈簧儀表中，是採用鼓膜、鼓膜式匣子、手風琴式彈簧（手風琴管）以及彎成圓弧形或螺絲線弧形的管子彈簧來作為彈性元件的。彎成圓弧形的管子彈簧，通常簡稱為管子彈簧或波登管，而彎成螺絲線弧形的則稱為螺絲線形管子彈簧。

應該指出，用在彈簧儀表內的彈性元件的原理和計算方法，是由維·伊·菲奧多西夫（В. И. Феодосьев）充分完善地研究成功的〔見參考文獻第 22 項〕。

彈簧儀表按它們的用途可以分為範型的和實用的兩大類。實用的儀表，不管是指示式的或是自動記錄式的，都依據它們的構造特徵和用途按規定的標準製成由第 1 級到第 4 級四種準確度等級。在實用的儀表中，我們要注意的是準確度為第 1 級的檢查壓力表。這些儀表，是用來週期性地在各種型式的實用壓力表裝置地點就地進行校驗工作的，在個別的情況下，它們也可用在按照鍋爐監察規則進行鍋爐或其他類似設備檢驗時所做的水壓的試驗中。

範型的彈簧壓力表，有 0.2、0.35 和 0.5 三種準確度等級，做成壓力表和真空表的形式。範型儀表是用來進行各種不同彈簧壓力表、真空表和壓力-真空表的校驗和刻度工作的。除此以外，有時它們還被直接用來測量壓力和負壓力。

膜式通風表和風壓表 這些在工業中廣泛應用的儀表，是用來測量不大的壓力、負壓力的，也可以用來測量比較小的壓力差。例如：在鍋爐設備中、熔鐵爐中、工業的加熱爐中以及很多其他情況下利用通風表來測量通風力和用風壓表來測量空氣壓力等。

膜式通風表和風壓表做成帶側面刻度標尺的和帶同心刻度標尺的兩種。同時，它們的構造在原理上是相同的，祇是有個別傳動的元件以及外殼的形狀不同而已。帶有側面刻度標尺的儀表是較為緊湊的，所以它們更適於裝在控制板上。

在圖 7-9, a 中簡略地表示着用來測量壓力的帶水平側面刻度標尺的儀表。在這裏面採用了由兩片起凹凸紋的膜片所合成的鼓膜式匣子 2 來作為彈性元件。這個匣子是藉管子 1 來和需要測量壓力的空氣或氣體所在的空間相連通的。隨着所測空間