

51.147
4035

船員業務學習小叢書

船用熱工儀表

大連海運學院蒸汽機教研組編



人民交通出版社

51541708

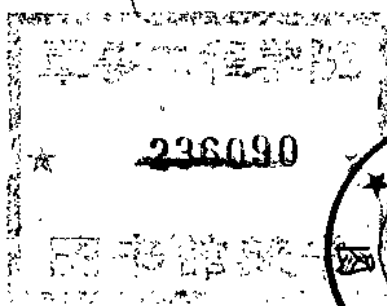
1867
D 05

39912

船員業務學習小叢書

船用熱工儀表

大連海運學院 編
蒸氣機教研組



人民交通出版社

为了有助于我国广大船員业务学习起見，本社組織有关方面編寫了一套船員业务学习小丛书，希望通过它将船員各方面所必需的基本知識有系統地加以介紹。敘述力求通俗簡明，以便適合具有初中以上文化程度的船員閱讀。

本書为小丛书之一，敘述船舶动力装置中最常使用的几种热工仪表，主要闡述它們的工作原理、結構以及安裝和使用等基本問題。讀者对象主要是輪机部船員。

本書由大連海运学院蒸汽机教研組編寫。

船員业务学习小丛书

船用热工仪表

大連海运学院
蒸汽机教研組 編

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版业營業許可証出字第〇〇六号

新华書店发行

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1959年11月北京第一版 1959年11月北京第一次印刷

开本：787×1092_※ 印張：2_※張

全書：57,000字 印數：1—1,400册

統一書号：15044-6173

定价(7)：0.24元

目 录

緒 論	
§ 1 热工测量的意义	2
§ 2 热工测量仪表的分类	3
第一章 測量压力的仪表	4
§ 3 有关測量压力的一般知識	4
§ 4 压力仪表的种类	6
第二章 測量溫度的仪表	18
§ 5 有关測量溫度的一般知識	18
§ 6 溫度表的种类	19
第三章 測量流量的仪表	45
§ 7 有关測量流量的一般知識	45
§ 8 流量表的种类	46
第四章 測量水位、馬力和烟氣成分的仪表	61
§ 9 低地位水位表	61
§ 10 示功器	65
§ 11 奥尔斯式烟氣分析器	76

緒 論

§ 1 热工測量的意义

船舶动力装置，包括所有的主輔机在內，是在极其复杂的条件下工作的，有时在风平浪靜的情况下运转，有时却要惊涛駭浪相搏斗。船舶經常靠离碼頭以及其他机动操縱也給动力装置造成了困难的工作条件。因此对船舶动力装置提出了許多要求，其中有这样两点：（1）安全可靠；（2）經濟性高。

不难理解，对于航行在海上的船舶來說，特别是远涉重洋的巨輪，全船的生命财产要求有绝对安全可靠的保証。此外，作为运输工具原动力的船舶动力装置，又应该具有高度的經濟性，这样才能为国家創造更多的财富。

为了满足上述要求，不仅要在設計和制造船舶动力装置时作很大的努力，而且要在其实际运转方面作出很大努力。实践证明，管理質量的好坏对动力装置的可靠性和經濟性起着巨大作用。管理不当常常会导致动力装置經濟性变坏甚至发生严重事故。

为了保証动力装置的运转安全可靠和經濟性高，热工仪表是必不可少的有力工具。可以說，利用热工仪表所进行的热工測量能够保証动力装置安全而可靠地工作，同时能保証它具有高度的經濟性。

經常利用仪表来測量工質（水、汽、滑油、空气、烟氣、燃油）的压力、溫度、流量和水位等等，能够保証和提高动力

裝置的工作可靠性。例如，經常檢查和測量鍋爐的蒸汽壓力和水位就可以預防鍋爐發生事故。又如經常測定渦輪機軸承的溫度就可以保證它的安全運轉。

為了保證和提高動力裝置的經濟性，必須盡力提高其效率及減少熱損失。例如，鍋爐中有排煙損失、機械損失和化學不完全燃燒損失等。為了減少這些損失，首先必須通過測量將它們求出，然後再設法減小。要進行測量，就必須利用各種儀表，如煙氣分析器和溫度表等等。

§2 熱工測量儀表的分類

在船舶動力裝置中，用於熱工測量的儀表為數相當眾多。為了便於敘述和研究，應將其分類。分類可按不同的特征進行，通常是按動作的可靠性和靈敏度、安裝的方式、取讀數的方式以及測量的對象等進行的。

按動作的可靠性和靈敏度可分為：

1. 標準儀表——準確度和靈敏度很高，用於特殊情況；
2. 實用儀表——準確度和靈敏度較差，但比較可靠和耐用，用於實際工作中。

按安裝的方式可分為：

1. 固定式儀表——經常裝在測量的地點；
2. 便攜式儀表——只在測量時安裝，用完即取下。

按取讀數的方式可分為：

1. 指示式儀表——指示瞬時值的儀表；
2. 記錄式儀表——自動把指示值記錄下來的儀表；
3. 計數式儀表——將被測量的總量計下來的儀表。

按測量的對象主要可分為：

1. 測量壓力的儀表；

2. 測量溫度的儀表；
3. 測量流量的儀表；
4. 測量液位的儀表；
5. 測量功率的儀表；
6. 測量物質成分的儀表，等等。

我們下面將按最後一種分類方法分別敘述各種熱工儀表。

第一章 測量壓力的儀表

§3 有關測量壓力的一般知識

所謂壓力，就是單位面積上所受到的垂直作用的力。液體和氣體的壓力就是它們垂直作用在單位面積上的力。在動力裝置中的很多地方，都需要測量液體、氣體或蒸汽的壓力。所測得的壓力可以用絕對壓力或表壓力表示。在實用中的大多數情況下，只要以表壓力表示即可。

所謂絕對壓力，就是某一物體上面的全部壓力，包括大氣作用在它上面的壓力在內。表壓力是用儀表直接測得的壓力，它不包括大氣的壓力，因為儀表本身處在大氣壓力的作用之下，因此儀表的零指數實際上已包括了大氣壓力。因此，絕對壓力 P 就等於表壓力 p 和大氣壓力 p_a 之和：

$$P = p + p_a \quad (1)$$

要想知道絕對壓力，就需要測量表壓力和大氣壓力。用來測量大氣壓力的儀表叫作氣壓表。用來測量表壓力的儀表叫作壓力表。

由上述可知，表壓力就等於絕對壓力減去大氣壓力，即：

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

所以說，压力表所指示的表压力，是絕對压力与大气压力之差。

有时，絕對压力小于大气压力，这时的这个差值称为真空。所以，真空 p_b 就是大气压力与低于大气压力的絕對压力之差：

$$p_b = p_a - P \quad (3)$$

用来測量真空的仪表称为真空表。

有时，既要測量高于大气压力的压力，又要測量低于大气压力的压力（真空），在这种情况下，就要采用所謂压力-真空表。

工程上測量压力所用的单位，在公制中常为公斤/平方厘米，因为力的单位用公斤，而面积的单位用平方厘米。这个单位的意思是每一平方厘米面积上受到多少公斤力的作用。此外，公制中亦采用毫米水柱或毫米水銀柱高度作为压力单位。在英制中，力的单位用磅，面积单位用平方吋，故压力的单位用磅/平方吋，意即每一平方吋面积上受到多少磅的力的作用。英制中亦采用吋水銀柱或吋水柱高度作为压力单位。我国的許多船上現在还有用英制单位的。

工程上取大气压力等于 1 公斤/平方厘米或 14.22 磅/平方吋。因此，1 公斤/平方厘米的压力又常常被称为 1 气压。

由于在生产实践中常常遇到各种不同的单位，所以各种单位之間的換算頗为重要。上述各单位之間有如下的換算关系：

$$1 \text{ 公斤/平方厘米} = 735.56 \text{ 毫米水銀柱}$$

$$1 \text{ 公斤/平方厘米} = 10 \text{ 米水柱}$$

- 1 公斤/平方厘米 = 14.22 磅/平方吋
 1 磅/平方吋 = 0.0703 公斤/平方厘米
 1 磅/平方吋 = 703 毫米水柱
 1 磅/平方吋 = 51.715 毫米水銀柱
 1 磅/平方吋 = 2.036 吋水銀柱

現舉例說明壓力的單位如何換算。

例 1 已知某一鍋爐汽筒內的壓力為 240 磅/平方吋，若用公斤/平方厘米表示，應為多少？

解：已知 1 磅/平方吋 = 0.0703 公斤/平方厘米

故鍋爐汽筒內的壓力為：

$$240 \times 0.0703 = 16.9 \text{ 公斤/平方厘米}$$

例 2 某一壓縮空氣瓶內的壓力為 35 公斤/平方厘米，試將此壓力值用磅/平方吋表示出來。

解：已知 1 公斤/平方厘米 = 14.22 磅/平方吋，

故空氣瓶內的壓力為

$$35 \times 14.22 = 498 \text{ 磅/平方吋。}$$

§ 4 壓力儀表的種類

船舶動力裝置中用來測量壓力的儀表，按準確度的高低可分為標準的和實用的兩種，按動作原理可分為彈簧式和液體式兩種，其他型式不多見。最常遇到的有管子彈簧式壓力表和液體式壓力表兩種，現分述如下。

1. 管子彈簧式壓力表

在動力裝置中，這種壓力表應用得最為普遍。它們可以製成壓力表、真空表和壓力-真空表，用來在船舶動力裝置中測

量鍋爐的蒸汽压力、各种管路内的压力、蒸汽机和汽輪机的进汽压力和容汽器内的压力、加热器和蒸发器等等的压力以及凝汽器内的真空等等。

这种压力表是按管子弹簧在压力作用下发生弹性变形的原理工作的。管子弹簧的变形通过一套机构传到指针上，指针发生偏轉，偏轉的大小与管子弹簧变形的大小相对应，亦即与所测压力的大小相对应，于是指针就在刻度盘上指出所测的压力值。

管子弹簧式压力表的内部构造示于图 1。管子弹簧 1 具有

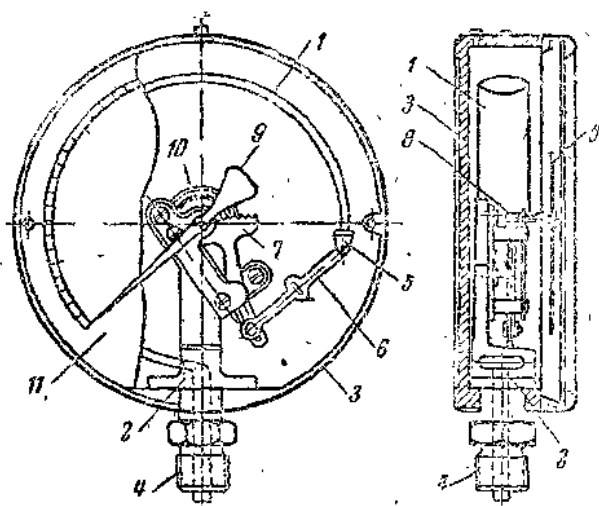


图 1

椭圆形剖面，并且弯成圆弧形状，椭圆的短轴与刻度盘相平行。管子的一端固接在支持器 2 上，支持器 2 用螺絲擰紧在仪表的圆形外壳 3 上。支持器的下端带有接头 4，接头上有螺紋，用来将仪表同被测地点相連接。管子弹簧的另一端为自由

端，用端头5封牢并焊住。端头5与吊杆6是铰接的，吊杆的另一端与黄铜扇形齿輪7相连接。扇形齿輪与小齿輪8相啮合，而小齿輪的軸心上装有仪表的指針9。与小齿輪相平行装有螺旋形的游絲10，用以消除小齿輪与扇形齿輪之間間隙活动。游絲的一端与小齿輪连接，另一端固定在传动机构的支架上。游絲經常使小齿輪紧压在扇形齿輪的一面上。

当用小管将压力表与被测地点接通时，该处的压力便传到管子弹簧的内腔中。在这个压力的作用下，管子弹簧将要伸直，它的自由端就要向右上方移动，于是拉动吊杆，使扇形齿輪和小齿輪轉动，指針便在刻度盘11上沿順时針方向轉动并指出压力的大小。压力表具有一个同心圓的刻度盘，上面刻着均匀的刻度，因为管子弹簧自由端位移的大小实际上与所受压力的大小成正比。刻度可用公斤/平方厘米、磅/平方吋或毫米水銀柱表示。刻度的中心角一般为 $270 \sim 300^\circ$ 。

具有椭圆形剖面并弯成圆弧形的管子弹簧在压力作用下伸直的現象，是容易說明的。管子椭圆形剖面的短軸在内表面受到压力时将增大，而管子长度在变形后仍假定保持不变，即管子内外两圆弧的长度不变，那么由于短軸增大，即内外两圆弧之間的距离增大，所以管子势必要伸直些。

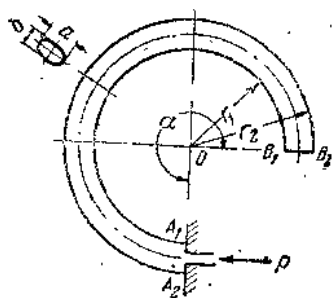


图 2

管子弹簧伸直的現象亦可証明如下。現將管子弹簧单独畫出，如图2所示。图上： r_1 ——半徑 OB_1 ； r_2 ——半徑 OB_2 ； b ——椭圆小軸； α ——管子弹簧的弯曲角。用 r_1' 、 r_2' 、 b' 及 α' 代表管子弹簧变形后的各相应的量。

我們可以寫出如下的方程式：

$$r_1 \alpha = r_1' \alpha' \quad (4)$$

$$r_2 \alpha = r_2' \alpha' \quad (5)$$

由式(5)中減去式(4)，得

$$(r_2 - r_1) \alpha = (r_2' - r_1') \alpha' \quad (6)$$

原因 $r_2 - r_1 = b$ ， $r_2' - r_1' = b'$ ，則方程式(6)可寫成如下形式：

$$b \alpha = b' \alpha' \quad (7)$$

在管子彈簧內腔受到壓力作用之後，橢圓小軸增大，即變形後 $b' > b$ 。而由式(7)可知，此時 $\alpha' < \alpha$ ，也就是說，在壓力的作用下，管子彈簧的彎曲角減小，而管子彈簧的自由端向右上方向移動並伸直一些。如果在自由端接上傳動機構，就可以帶動指針指出相應的壓力值。

若命 $b' - b = \Delta b$ 和 $\alpha - \alpha' = \Delta \alpha$ ，於是(7)式可化為：

$$b \alpha = (b + \Delta b) (\alpha - \Delta \alpha)$$

化簡後得：

$$\Delta \alpha = \alpha \frac{\Delta b}{b + \Delta b} \quad (8)$$

由這個公式可以看出，管子彈簧原來的彎曲角度 α 愈大，以及管子橢圓剖面的小軸長度 b 愈小，彎曲角度的變更 ($\Delta \alpha$) 就愈大。因此，在彎曲角度 α 相同的條件下，管子彈簧橢圓剖面小軸愈小，儀表的動作愈靈敏，亦即管子作得愈扁，儀表靈敏度愈大。

由(8)式還可以看出，如果管子彈簧具有圓形剖面，則在壓力增大時，管子不會伸直，因為此時 $\Delta b = 0$ ，因此 $\Delta \alpha$ 也等於零。

帶有管子彈簧的儀表用作真空表和壓力-真空表，其動作原理和結構與用作壓力表完全相同，所不同的只是刻度的標尺。在真空表中，刻度標尺通常以毫米水銀柱高度（或吋水銀柱高度）為單位。壓力-真空表有時用來測量高於大氣壓力的

压力，有时用来测量低于大气压力的压力，它采用两种刻度标尺，在零点的左面刻成毫米水银柱，用来测量真空，而在零点的右面刻成公斤/平方厘米，用来测量高于大气压力的压力。

当测量真空时，管子弹簧内腔的压力低于作用在外表面上的大气压力，于是管子弹簧椭圆剖面的小轴缩短，即管子被压扁，管子的弯曲角度增大，指针即向左偏转，指出相应的真空。

管子弹簧仪表可用来测量由0.3到10,000公斤/平方厘米的压力和达760毫米水银柱的真空。用来测量150~200公斤/平方厘米以下的压力的管子弹簧通常由黄铜制成，而测量高于150~200公斤/平方厘米的则用钢制成。

标准的和实用的管子弹簧仪表，在结构上没有什么不同。标准的仪表比实用的准确度高，这主要是因为制造得精密和所用材料的质量较高。

管子弹簧式压力表多制成指示式的，因为管子弹簧的位移不大，在自动记录方面的工作可靠性不够。但是，在船舶动力装置中，这种仪表亦有制成自动记录式的，这主要是因为结构简单的缘故。图3所示为船上常用的记录式压力表的外貌。这种压力表只多了一套记录设备，其他部

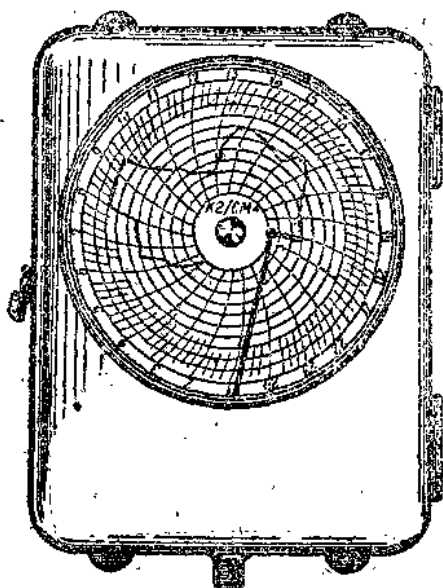


图 3

分与上述者完全一样。压力表内有一个轻金属圆盘，由钟表机构带动，每昼夜转一周。圆盘上放有记录纸，固定在仪表指针端上的笔尖就在这张纸上绘出压力曲线。记录纸上的同心圆表示压力的大小，而略带圆弧的辐射线则代表时间。这种自动记录式压力表已在船上得到广泛采用，因为这种仪表能有效地检查锅炉烧火的质量。就是说，当其他条件不变时，锅炉的蒸汽压力可以作为锅炉蒸发量的间接指标。于是，根据所记录下来的压力波动曲线，就可以在某种程度上判明各个时间内烧火质量的好坏。

管子弹簧式压力表的优点是：构造简单，工作可靠，指示明显，尺寸小，测量范围大，传送压力距离较远，可以自动记录。

选择压力表应根据测量的目的和对测量准确度的要求进行。测量的准确度除受仪表本身准确度的限制而外，还与安装的正确与否和测量地点选择得是否恰当有关。此外，选择压力表时，还应考虑被测压力的极限值，即应使所测的最高压力在稳定的负荷时不超过仪表刻度的三分之二，而在测量波动的负荷下不超过刻度的二分之一。所测的最低压力不应小于刻度标尺的三分之一。所测压力太高将使弹簧产生残余变形，使仪表失灵。所测压力过小，将使自由端移动太小，使读数不准确。

安装压力表时，管子接头处要用皮碗、纤维或铅等加以密封。压力表的刻度面应垂直，管子的接头应向下。此外还应考虑到具体的工作条件。不应使仪表受到高温和热辐射的作用，为此不应将它们装在靠近机器和锅炉受热面等处。仪表安装的地点应便于观察和维护。如果压力表是用来测量蒸汽压力或其他热介质的压力，则连接压力表和被测地点的小管须要弯成回路，以使其中存有凝水或其他液体，以防热介质直接作用到仪

表上，如图 4 所示。

由压力表到被测地点的距离应儘量小，以免压力表的指示值发生延迟现象。如安装仪表的地方有振动和冲击等情况，则最好使用减震设备，如弹簧和软垫等等。如所测压力不是恒定不变的或虽变动不太急剧但却是脉冲的，则压力表上应装有节流圈，或将连接管上的旋塞关小一点。在测量蒸汽机容汽器内的压力时，就发生压力波动的这种情况。压力表的安装高度最好与被测地点的高度相同，否则连接小管内的液柱将对压力表的指示值发生影响。压力表位置高于被测地点时，仪表指示值将小于被测地点的压力值，反之，指示值将大于被测地点的压力值。进行准确测量时，这是需要修正的。对于连接小管为充有凝水的压力表来说，仪表与被测地点之间每相差 1 米的高度应修正 0.1 公斤/平方厘米（加上或减去）。测量地点的选择通常以被测介质没有扰乱为最适宜。

管子弹簧式压力表、真空表和压力-真空表，应按船舶检验局的规定，每经过一定时期进行一次校验。校验可以在实验室内进行，亦可就地进行。在实验室内进行的校验，是把被校验的仪表装在校验台上与标准的仪表相比较，或用荷重来进行校验。就地校验时，被校验的仪表不需拆下，而把标准的仪表装在连接小管的三通旋塞上，比较两个仪表，以达校验的目的，见图 5。已校准的仪表，应加以铅封，并注出校验的年月。

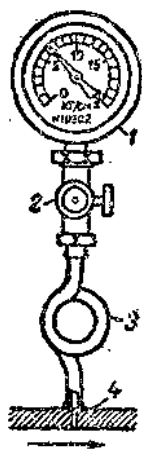


图 4

在校驗和运行时，如发现仪表已不准确，則应进行校准工作。校准子弹簧式仪表时，首先使它与大气相通，检查仪表的指针是否指在零刻度上。对于这种仪表，沒有校正零点的专门設備。如果在仪表通气时指针不指在零刻度上，則应将指针从軸上按下，重新安上，使它指在零点。然后再在最大的工作压力下，检查指针在刻度盘上所指出的压力值是否与此压力相符；如不符合，則应校正。校正时，应改变吊杆下端在扇形齿輪右端槽内的位置，见图 6 所示。例如，仪表指针所指的壓力值总是小于真正的

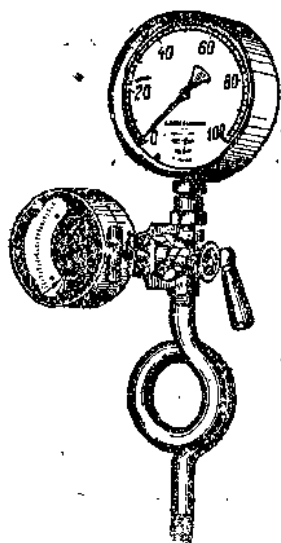


图 5

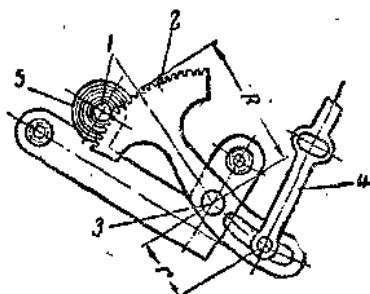


图 6

压力，則应将吊杆 4 的下端向軸 3 的方向移动。在吊杆下端相同的位移下，由于 r 减小，扇形齿輪的另一端的移动距离增大，因而小齿輪 1 的轉角，亦即指针的轉角增大，指针在刻度盘上的地位即与真正的压力值的刻度相对应。

2. 液体式压力表

液体式压力表在船上大都用作风压表，測量鼓风机出口处的风压，也用来測量較低的压力，如鍋爐烟道各点的压力，亦

即它們与大气压力的压力差。

液体式压力表的工作原理，是当连通管内的液体在两端受到不同压力的作用时，连通管内将出现一个高度差，这个高度差就表明了所测压力的大小。

用作工作液体的有水、水銀或酒精等等。

在船上用得最多的一种是U形液体压力表，如图7所示。它由两根相同的玻璃管組成，这两根玻璃管在底端互相連通，构成U字形。玻璃管用卡子固定在垂直板上。在两根管子中間的垂直板上設有一个标尺，刻以毫米刻度。标尺的中央刻上零点。如用英制，則标尺上刻以英寸刻度。

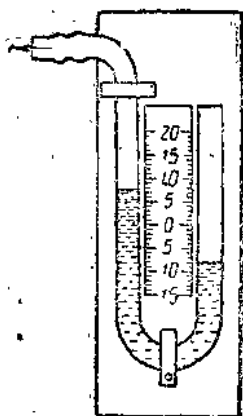


图 7

管内的工作液体装到标尺的零点为止。U形管的一端用金属小管或橡皮管与被测地点接通，使这一端的液面上受到被测介質的绝对压力的作用；U形管的另一端則直接与大气相通，作用在这一端液面上的是大气的压力。

在这种仪表接入工作后，若被测压力高于大气压力，与被测地点相通的一端管子中的液位下降，另一端的液位則上升，直到两侧压力达到平衡，反之亦然。两侧压力之所以能够达到平衡，是因为出现了一个液位高度差，这个差值就表示被测压力与大气压力間的差值。因此，这种仪表所测的数值实际上就是压力差。液位差的大小由标尺讀得。这样得到的压力直接以毫米液柱的高度表示。如果希望用公斤/平方厘米表示所测得的压力，則可用下式算出：