

矿井通风 压力测量仪表 与测量方法

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了矿山通风压力测量仪表,叙述了测量工作的主要方法和测量工作的组织问题,以及整理测定资料的方法和运用数字电子计算机进行资料加工的计算公式系统。对矿井通风系统利用风压测定结果的问题作了介绍。阐述了用数字电子计算机和相似模拟装置解决各种通风问题的方法,并以解算实例加以说明。

本书可供通风压力测量专业人员及矿井工程技术人员参考。

责任编辑:王振铎 崔 岗

Ф.А.АБРАМОВ А.Ф.МИЛЕТИЧ В.Э.СТРЕЙМАНН
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
И МЕТОДЫ ДЕПРЕССИОННЫХ СЪЕМОК ШАХТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»

МОСКВА 1974

*

矿井通风压力测量仪表与测量方法

张素芬 译 钱仲德 校订

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $4^{3/8}$

字数 95 千字 印数1—3,470

1984年7月第1版 1984年7月第1次印刷

书号15035·2637 定价0.55元

序 言

随着采矿工作逐渐向深部发展，有用矿物开发强度也越来越大，向工作面供给足够的新鲜空气以及正确地分配风量就成为当前突出的问题。

检查矿井巷道风压与风量分配的主要方法是每隔3~5年定期地进行矿井风压测定工作，在测定的基础上才可能发现矿井通风中存在的问题，挖掘通风潜力，确定各条巷道的风阻，并根据这些资料编制改善矿井通风的技术措施。

近几年来，建立并改进了风压测定的手段和方法。顿涅茨矿业学院、乌克兰科学研究院矿用技术与机械研究所、斯维尔特洛夫斯基矿业学院以及煤炭工业部、黑色及有色冶金工业部的矿山救护队通风压力测量组对使用新的仪器设备和利用模拟及数字电子计算机处理测定资料进行了许多研究，这些材料成为编写本书的基础。

目 录

第一章 矿井通风压力测量仪表	1
1. 矿井通风压力测量的概念	1
2. 矿井通风压力的测量方法	2
3. 测量通风压力的仪表	6
第二章 矿井通风压力的测量	42
1. 组织工作	42
2. 最优测量路线的选择	45
3. 测量通风压力	56
第三章 通风压力测量资料的整理	68
1. 测风资料的整理	68
2. 确定测站间的风压	70
3. 确定自然风压	90
4. 用分析法确定风压测定的精度	91
第四章 利用风压的测量结果改善矿井通风	101
1. 利用电模拟编制改善矿井通风的意见	101
2. 利用数字电子计算机编制改善矿井通风的措施	113
3. 矿井通风压力测量的实例	123

第一章

矿井通风压力测量仪表

1. 矿井通风压力测量的概念

为了检查矿井的通风状况，通常要系统地测量井巷网路的风量、进行空气成分的实验室分析和测量扇风机产生的矿井总风压。根据这些资料计算出反映矿井通风难易程度的两个指标：

矿井总风阻

$$R_m = \frac{h_m}{Q_m^2} \quad \text{公斤} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^8 \quad (1)$$

矿井等积孔

$$A_m = 0.38 \frac{Q_m}{\sqrt{h_m}} = \frac{0.38}{\sqrt{R_m}} \quad \text{米}^2 \quad (2)$$

式中 h_m ——井巷风压（毫米水柱）； Q_m ——风量（米³/秒）。

根据上面测得的 Q_m 和 h_m ，不可能获得有关矿井通风系统状况的更详细的资料。为了便于矿井通风业务的领导，根据井巷风阻的大小来检查巷道的状况，发现通风困难的薄弱环节，并挖掘通风潜力，必须了解风路中的风压分配。这些问题可通过矿井通风压力测定来解决。此外，通风压力测定还可查明井巷的高风阻区段，确定出各条巷道的压力损失，查明巷道的局部阻力和检查通风网路中扇风机的工作状况。所以，通风压力测量的结果可作为改造通风系统的原始

资料。

2. 矿井通风压力的测量方法

通风压力测定可分为全面的和局部的测量。全面测量是沿矿井通风网路的全部路线（从入风井经过每一个回采工作面到地面的风流路线）测量所需的参数。局部测量是选择一条或数条特定的路线进行测定。局部测定是针对矿井通风网路中一些个别巷道或回路及风峒进行测量。

风压测量从技术上可分为精测、粗测和混合测量三种。

在精测风压时，测站的数量和分布是这样选定的，即以能够得到通风网路中任一分支和区段或选定路线（局部测量）的风量和风压的数据，以及局部风阻的特性为依据。测定的参数必须具有较高的精度。

如果合并些巷道，即把矿井通风网路和所选定的路线划分为几个大的区域时，就可以减少测站数量和使用精度较低的仪表，这样的测定即为粗测。

混合测量是精测和粗测相互配合的一种测量方法。它以粗测为基础，对需要特别注意的区段进行精测。

通风压力测量方法的选择，应根据测量的目的和仪表的精度来确定。）在改建矿井中，采用矿井通风网路全面测量，以便得到矿井通风设计时所需的井巷风阻原始资料。每一个矿井，为了检查其通风状况和编制改善通风的措施，都需要经过一定的时间（2~3年）进行一次全面的通风压力测定工作。当用一般调节或自动调节法解决一个采区或全矿的供风问题时，也需要进行全面测量。

对一条或数条特殊风路进行通风管理的过程中，局部风压的测定可以采用粗测或混合测量法来完成。根据测定数据

提出通风线路的薄弱环节，并制订出解决这些薄弱环节的措施。对于风压值不大，而且粗测的仪表又测不出的一些联络巷道，必须进行精测。在无瓦斯矿井多分支的通风网路中常遇到这种情况，所以一年内要进行多次的局部风压测定。此外，对通风网路中每一个重大的变化都要进行测量。并且为了得到用解析法计算矿井通风网路所需要的参数，同样也应作局部风压测定。

生产实践中采用以下几种方法来确定矿井通风网路上各个区段的通风压力：

直接测量两点间的风压；

测定两点的绝对压力差，并据此计算出两点间的风压；

采用恒定压力作对比测量各点间的压力差，即用测点的绝对压力值计算出以后各测点的绝对压力差。

用橡皮管和测点联接起来的测微压差计（或U形管）可直接测量通风压力。这种测量方法的优点是精度高，整理测定数据简便，仪器工作可靠。其主要缺点是劳动量大。若由三名有经验的工人组成一个小组，在每班为七小时的工作时间内，这种方法只能测定2~2.5公里长的水平巷道。由于测点间的距离限制在100~200米（橡皮管的长度）内，当测定的巷道风压不大时，可能产生较大的误差。在测量倾斜巷道和立井时，这种测定法的组织工作就更为复杂。

测定风路中相邻两测点的绝对压力差，是依据指定测点上空盒气压计的读数整理而得出的。这种方法的优点是测定时间短（这一点很重要，因为时间拖久了矿井通风制度可能会发生变化），劳动量小，但也存在以下缺点：

原始资料整理复杂，需要进行多种修正（各测点之间的高差，测量过程中大气压力的变化以及各测点间的风速

差) ①,

当矿井通风网路的压力、温度急剧变化时, 仪器读数可能会出现滞后现象, 所以仪器需要必要的修正;

必须标明测点标高;

当从一个测点向另一个测点转移时, 由于通风制度发生变化, 可以使测量产生很大的误差。

如果选取了适宜的测量方法, 某些缺点是可以避免的。

采用的观测方法有三种: 顺序读数法、同时读数法和混合读数法。

顺序读数法 测定所需参数是用一台或数台仪器 (若用 n 台仪器时, 测量精度提高 $\sqrt{n}$ 倍) 对路线上各测点依次逐点测定。数台仪器在一个测点上同时进行测量, 可以减少测量的随机误差。在地面调准仪器时也多用此法。测量中, 留在地面的空盒气压计记录大气压力, 以便进行气压变化的校正。由于矿井通风制度的变化也会影响到测量的结果, 因此, 最好在井底车场安置一台监测仪。监测和测量用的仪器的精度应该一致。

同时读数法 在线路的相邻两测点上同时读取测定的参数, 此时不需要进行地面气压变化的校正。两名测定人员要在预先规定的时间内到达各测点同时进行读数, 如第一个人何时到达 A 点, 第二个人也应在同时赶到 B 点, 当第一个人从 A 点转移到 B 点时, 第二个人也要同时从 B 点转移到 C 点, 以此类推, 直至两人跑完线路上的全部测点。

然而, 在井下执行预先规定的同时读数的计划是相当复杂的。

混合读数法 开始测量时, 先把全部的仪器 (不能少于

① 用测微压差计和橡皮管测定风压时, 同样需要速压差校正。

2 台) 置于线路的一个测站上, 测量所需的参数。然后把其中一台或 $n/2$ 台(当有 n 台时)转移到第 2 个测站上, 再用全部的仪器同时测量两个测站的压力(同时读数法)。部分仪器在转移到第 2 个测站的过程中, 矿井通风压力的变化由留在测站 1 的仪器观测记录。在两个测站同时测定之后, 留在第 1 测站的仪器也转移到第 2 测站, 并第三次用全部仪器测取各读数。以下同理。留在测站 1 的仪器向测站 2 转移的期间, 气压和通风制度的变化由第 2 测站的仪器记录。当有两台仪器时, 我们可以得到两个测站间的三个压力差值。这样, 可以消除测量中的随机误差, 并对测量期间矿井通风制度的变化进行经常性的监测。不过, 这种测量方法所需的时间是第一种方法的 2 倍。

用测量任一参照压力与其他测点间的绝对压力和相对压力差的方法来确定风压, 是用压差计来完成的。虽然, 这些测量仪器的精度很高, 但所测得的压差值误差可能很大, 所以必须进行校正。这一点与前面介绍过的测量绝对压力差的方法相同。这种测量法亦可采用上面介绍的三种观测法中的任意一种。

应当指出, 尚有两种不常使用的混合测量风压的方法, 虽然不常用, 但有良好的测量效果。下面简单叙述一下。

在扇风机运转和停止时, 测量线路上各点的压力。在这两种状态下所测出的风网中任一点气压差, 等于空气自井口(抽出式通风)到该测点间的压力损失, 代表该区段的通风压力[1, 16, 26]^①。当已知了矿井通风系统中各节点在扇风机运转和停扇时的压力差, 便很容易地确定出我们所需要的任一条巷道的风压。用这种方法测量时, 不需要进行测点

① 括号内的数字为本书后附参考书的序号。——译者

标高差和地面气压变化的修正，这是本方法的最大优点，其缺点是定期停扇（主扇），在瓦斯矿井根本不允许，同时由于经常启动，可能使启动设备产生过热现象。

Б.И.美得维杰夫建议，不用停扇，只改变扇风机的工作状况，并在各种运转状况下测量风网上各测点的压力。这种办法，虽然组织工作有困难，但对无瓦斯矿井，利用准备班或假日进行测量，会得到较好的效果。

对复杂的拓扑结构的通风系统的矿井（多台分区扇风机联合作业等），用混合测量通风风压法效果最佳，这种混合测量法是在同一轴线●的所有水平上同时进行测量，它能较好地确定出回采工作面的压力损失。在整理这种测量资料时，一般都要编制风压分布图，根据风压分布图能极易判断出各回采工作面（峒室）的通风状况。

3. 测量通风压力的仪表

柯玛洛夫——盖斯金负压计（我国叫做恒温压差计——译者） 仪器内装有略带颜色的煤油工作液和从0到200毫米的刻度标尺。

在第1测站上使玻璃容器1（见图1）内封入一定量呈大气状态的空气，在以后所有的测站上，若刻度尺高度够用，就只读取仪器读数。仪器的最大量程为90毫米水柱。仪器的结构是：把直径为40毫米、长为150毫米的玻璃容器置于内径为85毫米的保温瓶中，容器壁与保温瓶内壁间约有17~18毫米的空隙。容器1上方联有补给开关3。此外，容器1上焊有一根不插到容器底部的U形管2，其上带有开关4。在U形管的左侧直管上标有刻度。保温瓶和玻璃管装入带有盖5

● 指纵向。——译者

和侧门 6 的木箱 8 内，并把标有刻度尺的 U 形管固定在隔板 7 上。

工作之前，玻璃容器内要灌好煤油，保温瓶内要填满 10~15 毫米的冰块，冰内不能含有盐。洗净开关后要涂上凡士林油。

仪器的装油法如下：打开开关 3，经开关 4 用漏斗灌入纯净而略带颜色的煤油（约 50 厘米³）。一部分煤油进入 U 形管，一部分煤油经管 2 流入玻璃容器 1。然后在开关 4 的开口端接上一小段橡皮管，在开关 4 和 3 开着的情况下，小心地把煤油经管 2 吸入 U 形管并充满该管的拐弯处，注意不要使煤油吸入嘴内。当煤油到达开关 4 并要溢出时，关闭开关 4。由于煤油的两个液面同处于大气压力下，所以在容器 1 和 U 形管左侧直管的煤油面保持在同一水平线后，关闭开关

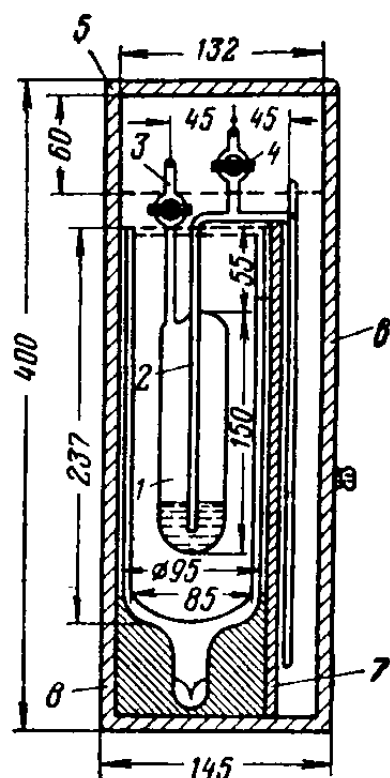


图1 柯玛洛夫——盖斯金负压计

3，且让仪器稳定 15~20 分钟。当容器 1 内的空气温度稳定下来后（U 形管内煤油凸面不应超过开关 3 开着时的高度），即可从刻度尺上记录其初始读数，仪器的准备工作就告结束。此后，在开关 3 关闭的情况下，如果大气压力降低，U 形管左侧直管内的液面将要上升，相反，液面就下降。在两点的读数差上乘以校正系数后，就等于两测点间毫米水柱的压力差，即风压。所测得的第二测点的读数又作为下一个测量区段的始读数。

测微压差计 测微压差计用于测定全矿井的总风压、或各条巷道或单个巷道中的局部风压。测量矿井的总风压（不包括扇风机设备），是把设在地面的测微压差计的一端，用管子与井筒（回风）连接起来，另一端与大气相通。为了仔细观察全矿井各条巷道的风压分布情况，采用测微压差计进行风压测定，需花费很长的时间（通常需要15~20天），由于在此期间矿井通风制度不是一成不变的，故常使测量结果产生很大误差。因此，在测量风压中，为了测量矿井的总风压，用风门和密闭墙测压法检查井下巷道风压测量的准确程度，以及确定各巷道的风压，可采用U形压差计。

但是，U形压差计的精度不超过0.5毫米水柱。所以当要求测量的精度很高时，可采用测微压差计，并用倾斜测压管来提高测微压差计的精度。此时，测算的风压表达式为

$$h = (h_k - h_0)F\gamma \quad \text{公斤/米}^2 \quad (3)$$

式中 F ——测管倾斜系数（以后简称倾斜系数）， $F = \sin\alpha$ ； α ——测微压差计测管与水平面的夹角（度）； h_k ——斜管读数（毫米）； h_0 ——斜管的初始读数或0读数（毫米）； γ ——液体的重度（公斤力/米³）。

大容器中的液面下降量一般忽略不计，因为仪器的允许比值为 $f_r/f_p = 1/250$ ，式中 f_r ——斜管的横断面积， f_p ——容器的横截面积〔19〕。

ЦАГИ（中央流体动力学院）和ММН型测微压差计在通风压力测量中应用最为广泛。

ЦАГИ型测微压差计（见图2）其测压管共有四个位置：垂直（此时仪器的工作状态与具有200毫米刻度的杯式测压计相同）和分度为0.125、0.25和0.5的倾斜位置。这些数字都刻在立柱1上。ММН型测微压差计的测量上限分为50、

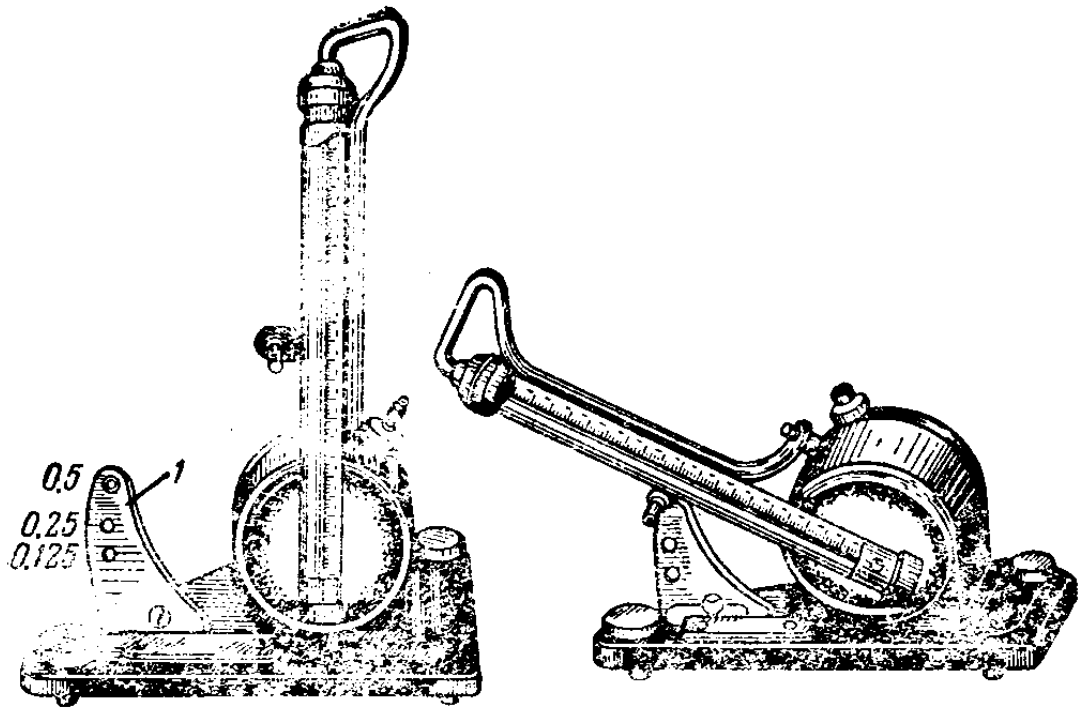


图 2 ЦАГН型测微压差计

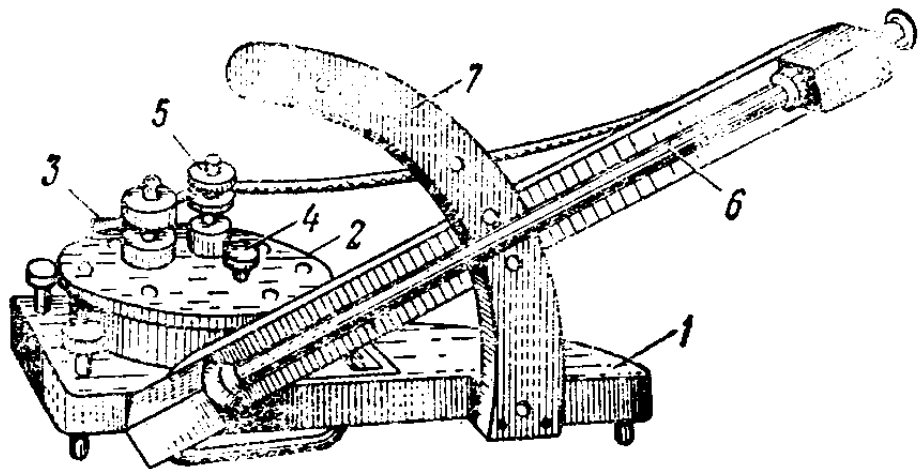


图 3 MMH型测微压差计

70、100、150和200毫米,仪器具有0.2、0.3、0.4、0.6和0.8五个测压管位置,没有垂直位置。

测微压差计的标尺刻度单位为毫米,仪器的工作液常用

酒精。对于MMH-250型测微压差计的系数K，除考虑倾角外还要考虑标准状况下的酒精重度。此处引用MMH型仪器批量出厂的说明。

MMH型测微压差计（见图3）用于测量0~200毫米水柱范围内的压力、真空度和压力降。仪器的结构如下：在硅铝合金台1上固定着一个冲压成形的钢贮液器2。贮液器上部顶盖用橡皮垫圈密封。盖上装有三通开关3，注液螺栓4和使酒精液面回到刻度0点的调零装置5。测压管6的支臂靠一小立柱支撑在台座1上。测压管的下端经接头用弹性橡皮管与贮液器2相连通，测压管的上端也用橡皮管与三通开关3连接。安装测压管时，要使它的零点刻度对准支臂旋转轴。测压管的标尺长为250毫米，每一个刻度为1毫米。

为了将测压管的支臂按所需要的斜度设置，在弧形板7上标明有仪器固定倾斜乘数0.8、0.6、0.4、0.3和0.2五个眼孔，此板固定在台座1上。

为了使测微压差计保持水平位置，台座1上装有两个圆柱形的玻璃水准管。通过盖顶上孔4往仪器中灌注酒精，该孔用软木塞子封闭，经装在贮液器下部的排出阀倒出酒精（全部或部分）。

三通开关的通路结构：当三通开关逆时针方向转到档销位置时，贮液器和测压管与大气相通，连接管嘴2和3的孔口被堵死（见图4），此时仪器即可进行调零。当顺时针转到档销位置时，连接管嘴3与贮液器连通，而连接管嘴2与连接管嘴1相通，由此与玻璃管连通，此时通大气的孔口被封闭。

当用仪器测定负压时，把由测点引回的橡皮管接在管嘴2上；测量正压时，接在管嘴3上。当从测点引回的压力高

时，橡皮管接在 3（+）上；若测点的压力低时，接在 2（-）上。

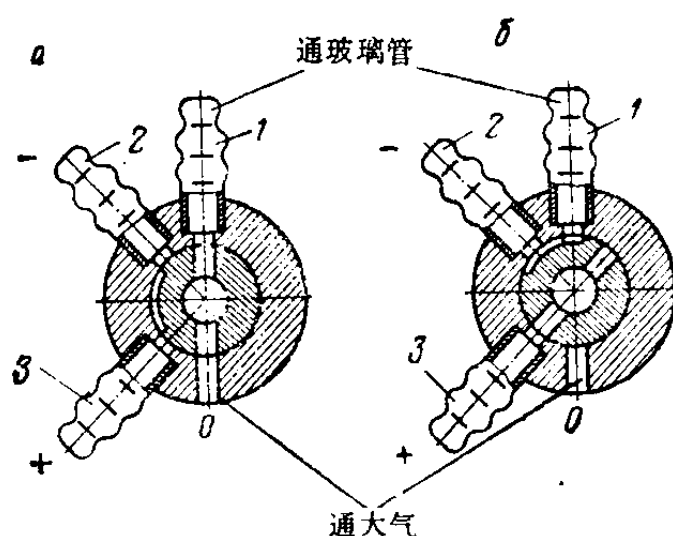


图 4 三通开关接通图

a—调零状态；b—测量状态

测微压差计的操作顺序如下：

- （1）把仪器安放在桌子、台子或箱子上；
- （2）用调整螺丝使每个水准管的气泡都处在中心，使仪器水平；
- （3）把带有测压管的支臂置于最高位置，即插在斜度为 0.8 的孔上；
- （4）逆时针转动三通开关至档销的位置；
- （5）经注液螺塞往测微压差计内注入标准酒精（ $\gamma = 0.8095 \text{ 克/厘米}^3$ ），直到玻璃测压管内的酒精面近似为零位，然后扭紧螺丝；
- （6）在三通开关的管嘴 2 上（见图 4）接上一段橡皮管，并把三通开关置于工作位置后（顺时针转到档销位置），吸酒精，使测压管内的酒精面近似达到刻度尺的顶端，同时为保证酒精柱内无气泡，应吹出贮液器内的酒精使气泡消

除;

(7) 逆时针方向转动三通开关至档销位置, 按所需的斜度变动测压管的位置, 用调零装置使酒精面至0位;

(8) 连接仪器与测点, 并对好水平;

(9) 顺时针旋转三通开关至档销位置, 开始读取数值。

在测量中, 仪器要经常进行对零检查并随时注意仪器的水平状态。

为了使玻璃管内酒精液面显示清晰, 应把所用的酒精染成甲基红色, 酒精内加入甲基红颜料的浓度建议用 0.05 克/升。

仪器的工作原理是贮液器内的液体(酒精)被排挤到测压管内, 因此, 测量中应使贮液器内的酒精面所承受的绝对压力永远大于测压管液面上承受的压力, 从而使管内的酒精柱不断上升, 贮液器内的液面渐渐下降。

贮液器的直径和截面积分别为 $D_p = 88$ 毫米, $f_p = 6082.12$ 毫米²; 测压管的直径和截面积为 $D_T = 4$ 毫米, $f_T = 12.56$ 毫米²。由此看出, 贮液器内酒精液面的变化与测压管液面的变化相比很不明显。例如, 若测压管酒精柱高为 250 毫米, 则贮液器内液面的移动为 $250:(f_p:f_T) = 250:484.24 = 0.52$ 毫米。

贮液器与测压管内的酒精所承受的压力差与仪器读数间的关系可用下式表示[14]:

$$H_x = h \sin \alpha \left(1 + \frac{b^2}{D_p^2 + D_6^2} \right) \text{ 毫米水柱} \quad (4)$$

式中 h ——测压管内酒精柱长度的读数(毫米); b ——酒精重度, $b = 0.8095$ (克/厘米³); α ——测压玻璃管的倾斜角(度); D_p ——贮液器的内径(毫米);

D_0 ——调节器的直径（毫米）。

将已知数据代入公式（4），并以系数 K 代替 $\sin\alpha(1 + 0.00279)$ ， K 称为仪器常数（该值刻在仪器台座上，见图3），则公式形式变成

$$H_d = hK \quad (5)$$

测微压差计在上述的测定范围内，读数误差一般不超过 $\pm 0.5 \sim 1.0\%$ 。

由于受温度和纯度的影响，使酒精密度发生变化，故应对仪器的误差再考虑一个校正系数 n ，将 n 制成表附在仪器上。

仪器的真实读数为

$$h_n = K \Pi h \quad \text{毫米水柱} \quad (6)$$

式中 $h = (h_1 - h_0)$ ——仪器读数（毫米）。

皮托管 用于向测量仪器（压力计）传递压力，从而可以测量出两个皮托管间的压力差。皮托管用于测定静压 h_{cr} 、速压 h_d 或表示静压和速压代数和的全压 $h_{no.}$ 。

头部呈球形的皮托管（见图5）是由这样几个部分组成——管嘴1、支座2和两个脚管3与4，脚管用于连接橡皮管。管嘴上有一个与脚管3相通的中心孔。周壁上的侧孔不与中心孔相通，而与脚管4相通。中心孔传给压力计的壓力是全压，等于 $h_{cr} + h_d$ ，侧孔传递的是静压 h_{cr} 。

在皮托管上，与中心孔相通的脚管3标（+）号，与侧孔相通的脚管标（-）号。

若脚管3和4分别和压差计（气压计）或测微压差计的两端相连，则一侧液面上将承受 $h_{cr} + h_d$ ，而另一侧承受静压 h_{cr} ，此时，压差计上所显示的二者差即为速压。如果，用两条橡皮管把置于一巷道两端的皮托管脚管3分别接在一