



机械工业技术革新

有水银差压计改革

高德国 编

机械工业出版社



79.812
434

机械工业技术革新技术改造选编

有水银差压计改革

高德国编

51222 67

机械工业出版社

内容简介 本书主要介绍了有水银差压计改为无水银差压计后的结构及工作原理；示值调整方法；校验设备和方法；技术要求和试验方法；传动机构的改进及弹簧的计算；一般故障及消除方法；组装方法及使用中的注意事项。附有改装零件加工图。

有水银差压计改革

高德国 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 3 · 字数 62 千字

1974 年 12 月北京第一版 · 1974 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—10,000 · 定价 0.23 元

*

统一书号：15033·4266

出 版 说 明

在批林批孔运动的推动下，机械工业技术革新和技术改造的群众运动蓬勃开展，先进经验层出不穷。为及时总结推广这些先进经验，我们组织编写了“机械工业技术革新技术改造选编”。

“机械工业技术革新技术改造选编”将陆续出版，内容包括：铸、锻、焊、热处理、机械加工、改善劳动条件、三废处理等方面，每本讲一个专题，内容少而精，便于机械工业的广大职工阅读参考。

在组织编写过程中，得到有关领导部门和编写单位的大力支持，对此我们表示感谢。欢迎广大读者对这些书多提宝贵意见。

31522

前 言

原 CF 型有水银差压计包括机械浮子差压计和电感应式远传浮子差压计两种（以下简称为有水银差压计），是化工、石油、电力及冶金等企业生产过程中广泛应用的测量仪表。它与节流装置配合使用，可以测量液体、气体及蒸汽等流量或差压，也可以单独使用测量压力或负压力。

此种仪表是用水银做工作介质的。水银是一种有毒的物质，水银蒸发后对人身毒害很大，还会污染环境，造成公害。并且水银价格高，又是重要的备战物资。所以改革有水银差压计为无水银差压计后，既能消除公害，又能保证人民身体健康，还可为国家节省资金，在政治上、经济上都具有重大意义，因此改革水银差压计是我们仪表工人多年来的愿望。依照“鞍钢宪法”坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命的精神，在厂党委的正确领导下，深入开展批林批孔运动，狠批刘少奇、林彪的反革命修正主义路线，提高了阶级斗争和路线斗争觉悟。几年来，我们坚持对有水银差压计进行改革，经过多次反复的实践，终于改革成功。这是无产阶级文化大革命的胜利成果。

根据我们在改革实践过程中摸索出来的一点体会和有关单位的宝贵经验，编写成这本书，供有关单位在改革工作中参考。

由于编者对马列主义和毛泽东思想学习不够好，实际工作经验不足，书中肯定会有不少缺点和错误，诚恳地希望广大读者提出批评和改进意见。

目 录

前言

一、仪表结构.....	1
二、工作原理.....	8
三、仪表示值调整方法.....	12
四、校验的设备和方法.....	27
五、技术要求和试验方法.....	31
六、传动机构的改进.....	37
七、弹簧计算.....	47
八、使用中注意事项.....	55
九、一般故障与消除方法.....	63
十、仪表组装方法.....	66
附录.....	68

一、仪 表 结 构

无水银差压计结构除在原仪表容器内部改装和变动外，其他部分无大变动。改革后将原表内的工作介质水银除掉，改用波纹管代替原仪表的工作介质。无水银差压计适用于测量非腐蚀性液体、气体、蒸汽等介质，对测量有腐蚀性液体和气体的介质时，可在表内灌入隔离介质。

改装后的机械式无水银差压计如图1所示。以波纹管代替原CF型有水银差压计中的水银，以平衡弹簧代替原仪表中的负压管。波纹管共分两种，一种是黄铜波纹管，一种是橡胶波纹管。根据被测介质和差压不同选用不同的波纹管。如仪表差压在100毫米水银柱以下或所测介质对黄铜波纹管

有腐蚀时，可采用橡胶波纹管。以下着重介绍装有黄铜波纹

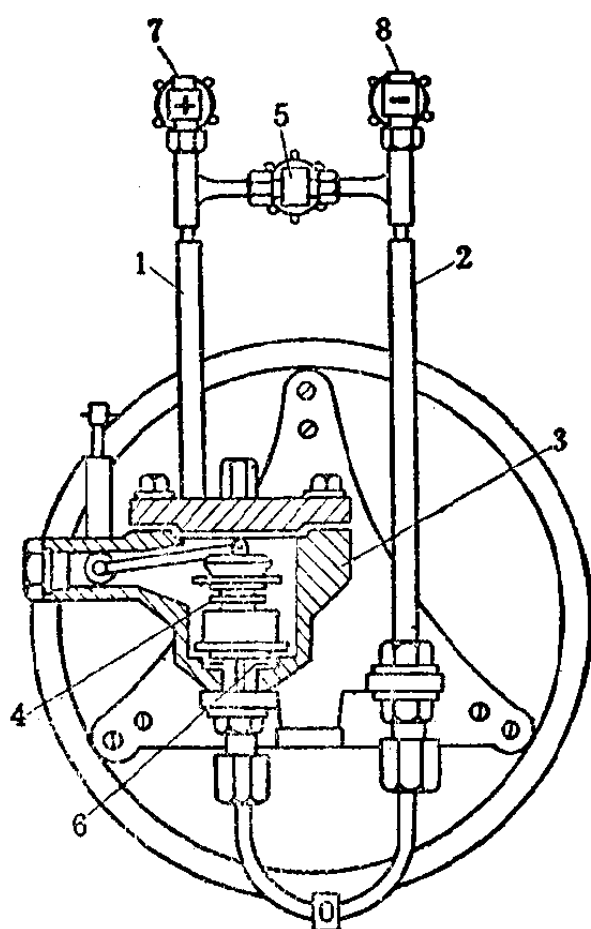


图1 机械式无水银差压计结构图

1—正压导管； 2—负压导管； 3—正容器；
4—波纹管； 5—平衡阀； 6—密封垫； 7—正压
阀； 8—负压阀

管的无水银差压计。因为两种仪表结构，除波纹管不同外，其他部件和工作原理都相同。

为隔绝正负压力（参看图1）用波纹管4将正容器3分为内外两室，波纹管外面为正压室，被测介质通过正压阀7和正压导管1进入正压室。波纹管里面为负压室，被测介质通过负压阀8和负压导管2进入负压室。两室的压力差作用在波纹管4的有效面积上产生一个力，迫使波纹管和平平衡弹簧位移。

以黄铜波纹管组装的测量原件如图2所示，波纹管1焊接在上连接板2与下连接板3上，平衡弹簧4通过弹簧接头5固定在下连接板3上，在它下面衬一个聚氯乙烯或橡胶密封垫（图1的6）。

由于仪表单向受压时，会产生单向过载，为了不使仪表测量部件损坏，所以波纹管装有保护装置，在下连接板3上用锡焊一个限制器6，在上连接板2下面用501胶水粘一个橡胶垫7，组成正压单向过载保护装置。当仪表正向受压过载时，上连接板向下位移与限制器6压紧，隔绝正压接触波纹管，起到了保护作用。在上连接板2的下面中心处固定一套铰链活杆8与一球形限制器9，组成负压单向过载保护装置。当仪表反向受压过载时，上连接板2带动活杆8及球形限制器9一同向上位移，直到

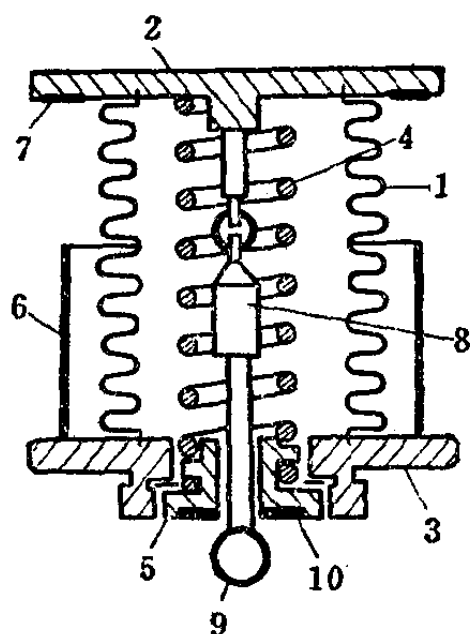


图2 黄铜波纹管组装图

1—波纹管； 2—上连接板； 3—下连接板； 4—平衡弹簧； 5—弹簧接头； 6—限制器； 7—橡胶垫； 8—活杆； 9—球形限制器； 10—密封垫

球形限制器 9 与弹簧接头上的密封垫 10 压在一起为止，使负压与波纹管隔绝，起到了保护作用。

在波纹管上面装有原仪表里的浮子 1，如图 3 所示，它与连杆 2 铰链在一起固定在密封轴 3 的一端，密封轴的另一端与仪表壳内的扇形连杆 4 固定在一起，通过拉杆 5 和连杆 6 带动记录笔杆 7，将被测参数变化值记录在记录图纸上。

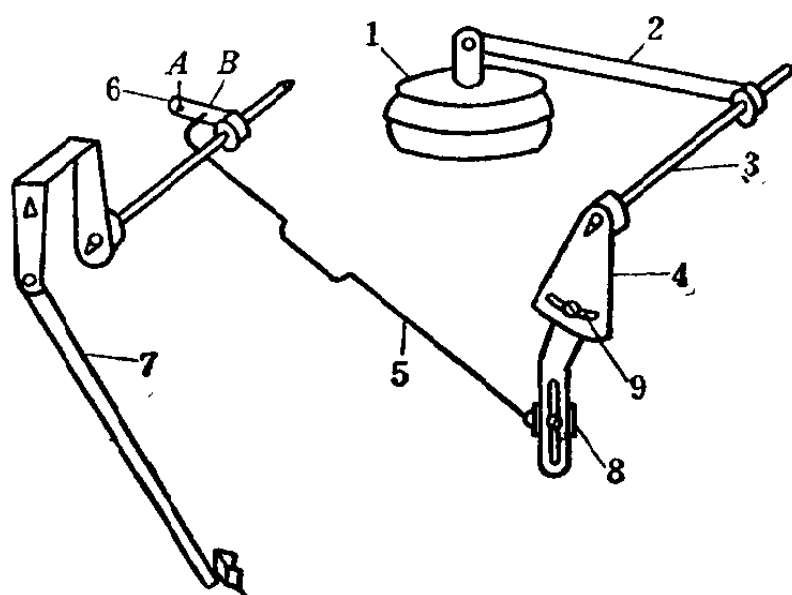


图 3 无水银差压计记录传动机构图

1—浮子；2—连杆；3—密封轴；4—扇形连杆；5—拉杆；
6—连杆；7—记录笔杆；8—滑块；9—螺丝

改革后的机械式无水银差压计，由于波纹管的位移小于原仪表浮子的位移。在记录笔杆原转角度不变的情况下，应将连杆 6 缩短，以补偿波纹管行程的不足，为此将拉杆 5 与连杆 6 连接处从 A 点移至 B 点。

橡胶波纹管的结构如图 4 所示，由于橡胶不能焊接，所以使用固定丝帽 5 与 6 将波纹管 1 压紧在上连接板 2 及下连接板 3 上。另外，又在波纹管每层里外加装涨圈 7 与 8，以防橡胶波纹管受压后变形。至于橡胶波纹管的其他结构则与黄铜波纹管相同。

对于原 CF-280 型指示式有水银差压计的连杆机构也作了改进。

原表的指示机构如图 5 所示。密封轴 3 转动通过扇形连杆 4、拉杆 5、连杆 2 及拉杆 1 带动扇形齿轮 7，使指针 9 转动。这种连杆机构部件多，调试困难，易出故障。

无水银差压计的指示机构如图 6 所示。该机构是在原指示机构基础上进行改进的。即将图 5 中连杆 2 固定在齿轮轴 8 上，将拉杆 1 改做扇形连杆 4 与连杆 2 (图 6) 的连接杆，取消了拉杆 5 及连杆 6，使机构简化，调试方便。

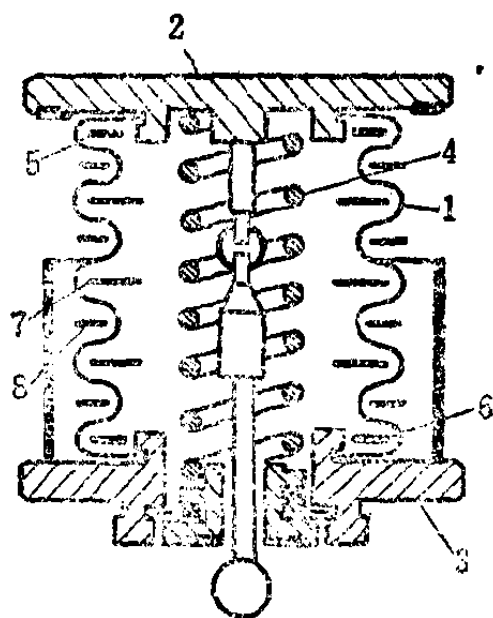


图 4 橡胶波纹管组装图

1—波纹管；2—上连接板；3—下连接板；4—平衡弹簧；5、6—固定丝帽；7—内胀圈；8—外胀圈

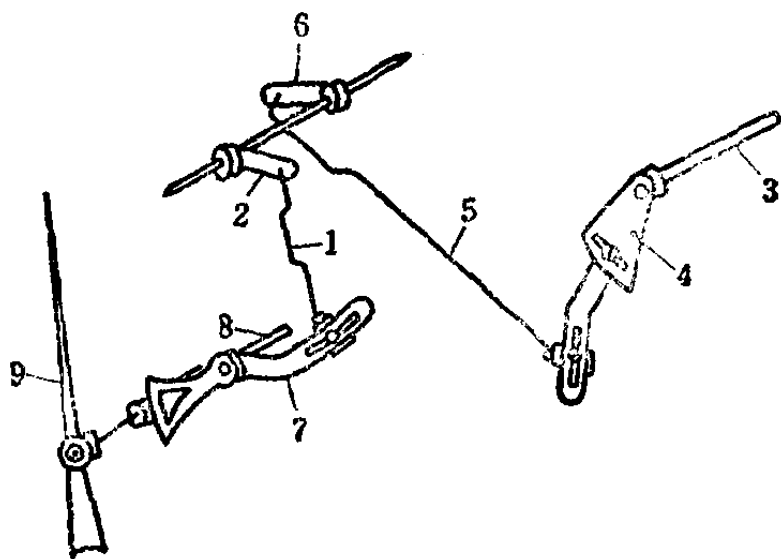


图 5 原 CF 型有水银差压计指示传动机构图

1—拉杆；2—连杆；3—密封轴；4—扇形连杆；5—拉杆；
6—连杆；7—扇形齿轮；8—齿轮轴；9—指针

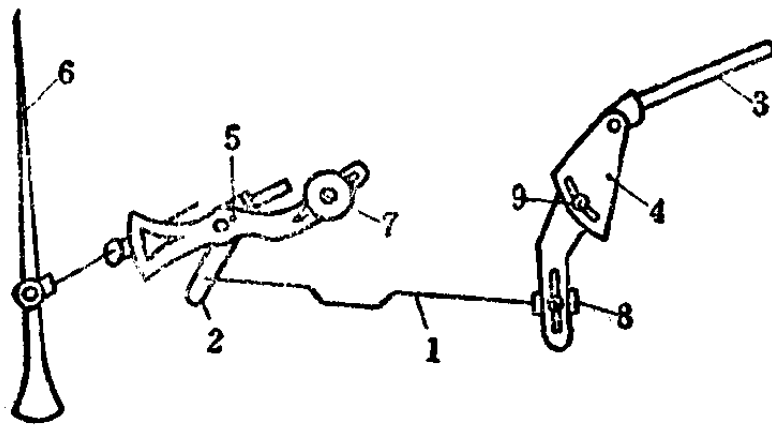


图6 无水银差压计指示传动机构图

1—拉杆；2—连杆；3—密封轴；4—扇形连杆；
5—扇形齿轮；6—指针；7、8—滑块；9—螺丝

电感应式远传浮子差压计是一种远距离测量仪表，其工作介质也是水银。它由电感应式传送器(以下简称检测仪表)和一个或两个显示仪表组成。图7所示为一套带两个显示仪表的电感应式远传浮子差压计的实际连接图。

检测仪表的测量部分的改装与前面介绍的机械浮子差压计完全相同。正容器1内去掉水银，装有波纹管2和平衡弹簧3所组成的测量部件。正容器大盖4上面固定非磁性密闭钢管5，钢管外面套有一个管形电感应线圈6。在波纹管上面装有原仪表中的浮子7，浮子上面中心固定有一根非磁性金属杆，其另一端上面固定一个砂钢片卷制的铁芯8，伸入密闭钢管5里面(也是电感线圈内)，可以上下移动。通过弹簧9和可调螺帽10，可使电感线圈上下移动，来改变铁芯与线圈的相对位置(经常在调整仪表零位时使用)。在电感线圈的上下，各有一软铁制的垫圈11，这是为了在重新调整电感线圈位置时，使外壳对线圈分段的影响不变。

显示仪表有指示仪表(D-280型)和自动记录仪表(D-610型)两种。每种表内都装有一个与检测仪表完全相同的电

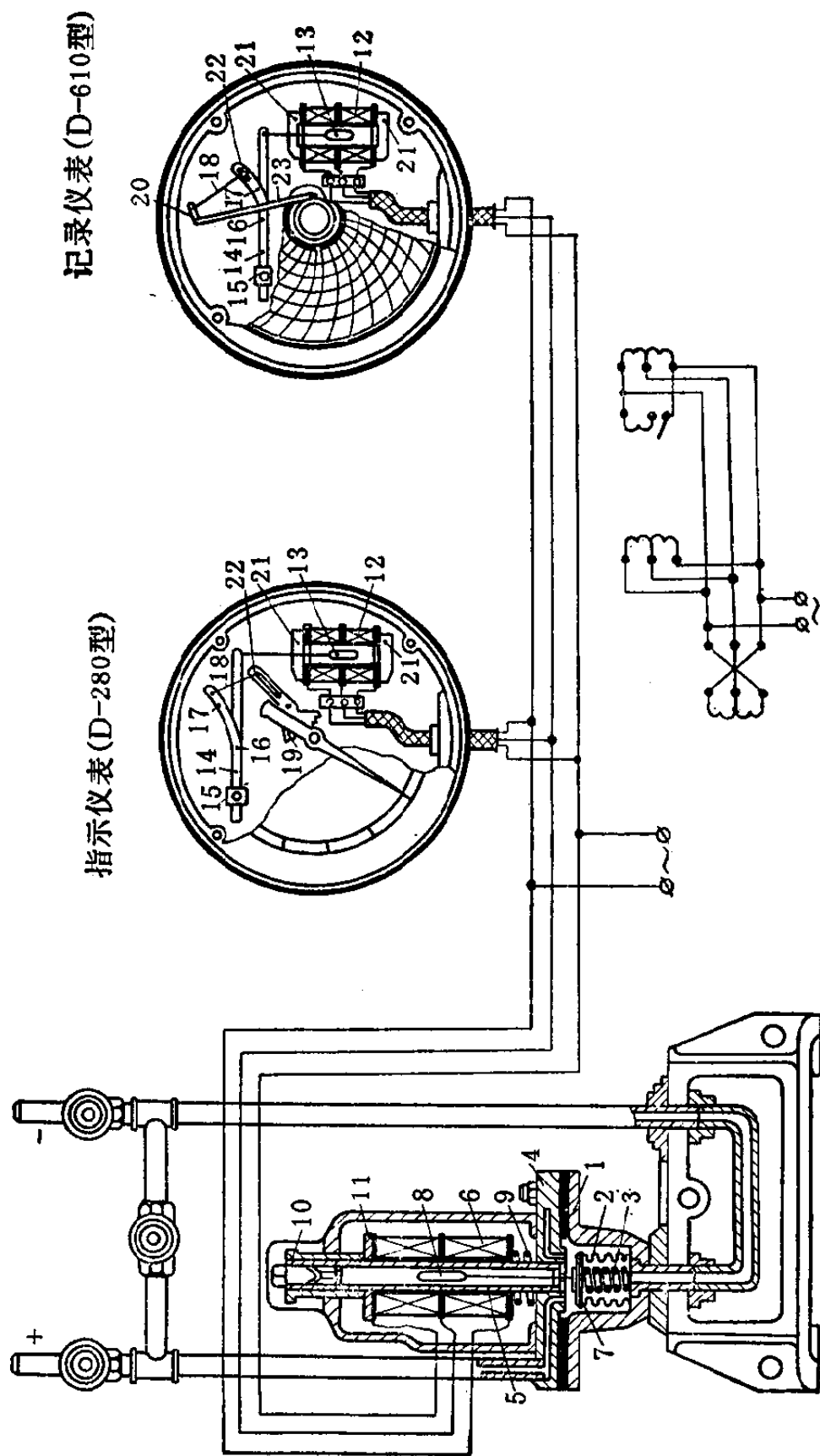


图7 电感式远传浮子差压计的实际连线图

1—正容器；2—波纹管；3—平衡弹簧；4—正容器大盖；5—密闭钢管；6—电感线圈；7—浮子；8—铁芯；9—弹簧；10—可调螺帽；11—垫圈；12—感应线圈；13—铁芯；14—天平杆；15—平衡重锤；16—轴；17—杠杆；18—拉杆；19—扇形齿轮；20—连杆；21—调整环；22—滑块；23—笔杆

感应线圈 12，线圈中间放置一个可以上下移动的铁芯 13，它悬挂在天平杆 14 的右侧，与天平杆左侧可移动的平衡重锤 15 相平衡。当检测仪表铁芯上下移动时，显示仪表的铁芯也相应地上下移动。

当指示仪表内的铁芯 13 上下移动时，带动天平杆 14 围绕其轴 16 转动，在轴 16 上的杠杆 17 也随着转动。杠杆 17 的另一端通过拉杆 18 与扇形齿轮 19 铰链在一起，使扇形齿轮随着铁芯移动而转动并带动指针指示出被测介质的变化值。

当记录仪表内的铁芯 13 上下移动时，也同样带动天平杆 14 围绕轴 16 转动，杠杆 17 的另一端则通过拉杆 18 与连杆 20 铰链在一起，使连杆 20 随着铁芯移动而转动并带动记录笔杆记录出被测介质的变化值。

显示仪表的电感线圈两端中心孔内各插入一个软铁调整环 21。由于铁的磁阻比空气小，电感线圈所产生的磁力线大部分通过铁环，所以调整铁环位置时，可改变磁力线在线圈两端的分布状况。当铁芯移到线圈的一端时，改变铁环的位置，则铁芯所受吸引力的大小也随着改变。这样就可以在一定范围内调整检测仪表铁芯 8 和显示仪表铁芯 13 之间的行程关系。

二、工 作 原 理

无水银差压计的主要感受元件是由波纹管和平衡弹簧所组成。当差压变化作用在波纹管有效面积上时，使波纹管和平衡弹簧产生位移，通过浮子和一套连杆机构(或电感线圈、铁芯等)带动指针或笔尖自动指示或记录被测介质的变化数值。

如图 8 所示，正压 P_1 作用在波纹管外室，负压 P_2 作用在波纹管内室。当内外两室的压力相等时，即 $P_1 = P_2$ ，此时仪表指针或笔尖停止在零位分度线上。

当 $P_1 > P_2$ 时，产生压力差，即 $\Delta P = P_1 - P_2$ ，此差压作用在波纹管有效面积上产生一个作用力 P_c 。

$$P_c = F_b \Delta P (\text{公斤}) \quad (1)$$

式中 F_b ——波纹管有效面积。

P_c 作用在波纹管上面，迫使波纹管和平衡弹簧向下位移(被压缩)，因此被压缩的波纹管和平衡弹簧产生一个与作用力 P_c 大小相等，方向相反的弹性力 P_a 。

$$\text{因为} \quad P_a = P_c$$

$$\text{所以} \quad P_a = F_b \Delta P \quad (2)$$

弹性力 P_a 可由波纹管的刚度 g_b 和弹簧刚度 g_s 之和求得：

$$P_a = (g_s + g_b) \Delta x \quad (3)$$

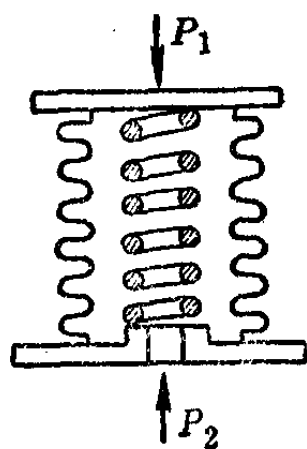


图 8 无水银差压计的工作原理

将公式 (3) 代入 (2) 式得:

$$F_s \Delta P = g_t + g_s \quad (4)$$

弹性位移 S 为:

$$S = \frac{F_s \Delta P}{g_t + g_s} (\text{毫米}) \quad (5)$$

由于弹性位移 S (向下位移) 通过浮子、连杆等机构带动仪表指针或笔尖, 指示或记录出被测介质的变化参数。分析上面公式, 从公式 (1) 中可知: 差压作用力 P_c 等于波纹管有效面积 F_s 与差压 ΔP 的乘积。因为波纹管的有效面积一定, 所以差压作用力 P_c 的值就由差压 ΔP 的大小来决定。又从公式 (3) 可知: 波纹管的刚度 g_s 很小, 其值又不能改变, 所以可看作是一个常数, 这样弹性力 P_c 的大小就由弹簧刚度 g_t 来决定。于是公式 (5) 中的弹性位移 S 的大小主要就根据 ΔP 和 g_t 而定。因此, 得出如下的结论: 即差压大, 所需弹簧的刚度就大, 差压小, 所需弹簧刚度就小。也就是说, 改变仪表测量范围时, 只需要更换平衡弹簧就可以了。

电感式远传浮子差压计的传送系统, 是由一个有中间抽头的管型线圈装在检测仪表内, 另有一个 (或两个) 相同规格的线圈装在一个 (或两个) 显示仪表内, 每个线圈中心孔内装有一个可以上下移动的铁芯, 这两个 (或三个) 线圈用导线联成交流平衡电感电桥。这是将被测参数传送到远处进行自动指示和记录的一种比较简单、可靠的方法。

电感式交流平衡电桥的工作原理如图 9 所示, 检测仪表线圈的 A 、 B 两段和显示仪表线圈的 C 、 D 两段完全相等, 线圈内的铁芯也都相同。

当显示仪表的指针或笔尖指在零位分度线时, 检测仪表的铁芯 1 停在 A 段线圈中, 显示仪表的铁芯 2 停在 C 段线圈

中，两个线圈所通过的电流相等，中线 EF 上的电流等于零，此时电桥处于平衡状态。

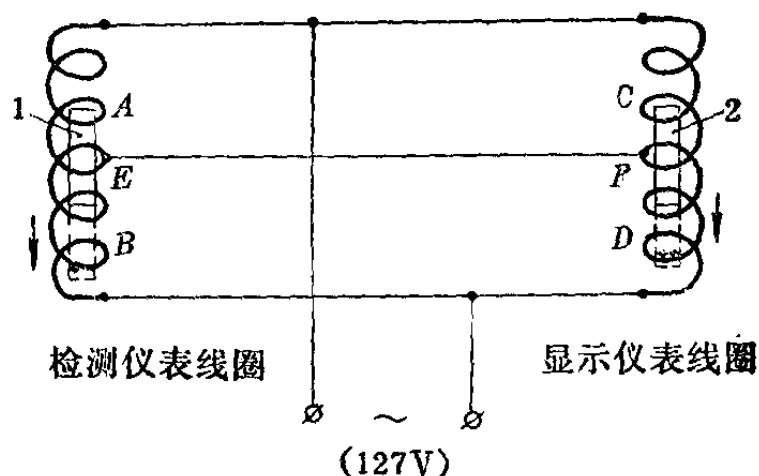


图 9 电感应式交流平衡电桥工作原理

当检测仪表受压后，铁芯 1 移动到线圈中向位置时， A 段线圈中的磁通量减少了，使电桥失去平衡，于是中线 EF 就有电流通过，使 C 段线圈中的磁通量减少，吸力减小，而 D 段线圈中的磁通量增多，吸力增大，吸引铁芯 2 向下移动，直到移至线圈中间位置为止，使电桥重新达到平衡。此时显示仪表的指针或笔尖指在标尺（记录纸）的 50%。

当检测仪表继续受压，铁芯 1 移到 B 段线圈中时， B 段线圈中的磁通量增加了，使电桥又失去平衡，中线 EF 又有电流通过，使 D 段线圈中的磁通量进一步增加，吸力加大，将铁芯 2 吸引到 D 段线圈中，使两个线圈所通过的电流相等，电桥又达到平衡为止。此时显示仪表的指针或笔尖指在标尺（记录纸）的 100%。

三、仪表示值调整方法

仪表示值的调整是一项复杂细致的工作，调整前首先应了解仪表的结构和原理等，然后按照仪表的技术要求进行调整和校验工作。

对电感应式传送仪表的示值调整，首先按图 7 将检测仪表和显示仪表按规定要求联接好，再分别将显示仪表的机械平衡调整好，然后通电。通电后可先调整图 7 上检测仪表的可调螺帽 10，使显示仪表的指针和笔尖都停在零位分度线上（在检测仪表无差压的情况下），然后加压使显示仪表的指针和笔尖指在最大差压的 50% 位置上，此时显示仪表内的天平杆应在近似水平位置，如相差太多，可进行调整，最后撤去压力使指针和笔尖仍回到零位分度线上，继续通电预热三小时以上，即可开始示值调整工作。

（一）记录笔尖在时间弧线上的调整

记录仪表的笔尖从记录纸末端向始端移动时，所划的弧线应与记录纸上的时间弧线重合，其偏差不得大于 ± 0.5 毫米，否则必须进行调正。

调整方法是先将图 3 中的扇形连杆 4 上的可调角度螺丝或将其其他有关连杆螺丝松开，再将笔尖对准时间弧线，从最大分度线慢慢向零位方向移动。如图 10 所示，弧线 A 是正确的，弧线 B 与 C 都是不正确的。弧线 B 说明记录笔杆短，应延长，即把笔尖向下移动，调至与 A 线重合为止。弧线 C 说