

气 动 元 件

附 录

上海机械学院 射流专业
气压传动技术训练班

目 录

技术改造的好助手——气压传动技术	1
截止式电阀气阀设计书	5
换向阀的性能参数指标及定型设计的品种规格数	19
QTY-15-S ₁ 型 1/2" 调压阀设计设计书及附录	29
膜片——截止式气动逻辑元件及其应用	54
流通能力	67
一机部矿字(75)-383气缸联合设计组气缸装配图二张	70
印刷机双张与折角检测器	75
气动常用计量单位及其换算	86
气动设计图表	95
部分厂气动元件产品目录	108

技术改造的好助手——气压传动技术

气压传动的优点

气压传动就是以压缩空气为动力源来控制 and 驱动各种机械的动作。这种气压传动和液压传动一样，已广泛地应用于工业部门，在工业自动化和技术改造方面占有重要地位。采用气压传动，具有三个突出的优点。

第一，简单、方便。气压传动所用的介质是空气，取之不尽，用之不竭。如果在传动中，由于密封不良而引起泄漏，也不会造成污染。空气本身粘度小，管道中流动速度快，损失少，因此压缩空气便于集中供应，一个工厂或车间，设立一个压缩站，就可以供给许多台设备使用，只要工厂有压缩空气管路，通过一些简单的气阀和气缸，就可以实现上料、下料、运送夹紧、进给等各种动作。气动元件本身结构也较简单，容易维修和制造，比较易于掌握。

第二，安全、可靠。可以在高温、振动、腐蚀、易爆等环境下工作而不会产生危险，而且经得起长期使用的考验。

第三，投资少、见效快。气动装置结构简单，容易实现，在量大面广的技术改造中，投资较少，见效较快。尤其在自动化、机械化辅助动作方面，可大大提高效率，减轻劳动强度，因此在搞自制专用设备时，是很好的手段。

气压传动的缺点是，由于空气是可以压缩的，所以在外界压力变化时，空气的体积也随着改变。这与液压传动相比，虽然传动速度较快，但其平稳性差。另外，工作压力也不可能太高（一般每平方厘米在十公斤以下），所以不能用于动力较大的场合。

由于气压传动有其优点，近十余年来，应用日益广泛。气压传动和液压传动相比，各有适合应用的场合，互为补充，也有利用两者优点的气—液装置，使流体装置有了更广泛的应用。

气压传动的应用

气动元件是气压传动中的基础元件，它可以和各种机械配合，完成机械装置所要求的各种动作。气动元件比较结实，寿命长，在动作重复次数非常多，速度比较高，条件比较差的环境中，尤为适用。当然，如前述在空气压力为7—8公斤/厘米²下在力量不很大的场合才适用。

例如，在金属切削加工中，一般机床可以采用气动卡盘、气动虎钳和夹具，速度快，节省体力。高效专用机床可以安装各种形式的气动机械手，实现工件自动上料、定位、夹紧、清洗等动作。在小型零件加工中，车床、钻床、铣床的进给运动也可以用气缸或气液缸来驱动。数控机床中，可用气压传动的机械手，实现自动更换刀具或主传动的变速，转台的分度和定位等等。因此在大批量的小型零件加工中，气压传动可以发挥很好的效用。在汽车、仪表、轻工业中，有大批的这种小型零件，可采用气压传动制造简易高效机床。

在轴承制造业中，零件形状比较简单，可利用气压传动将机床组成自动线，完成各种提升、给料、定位、传送工件等辅助动作，和气动测量相结合，完成工件的自动分选，自动装配和检验，等等。如广东轴承厂，1969年以来，对原有设备实现自动化，产量大大提高，五年中产量从十四万套增加到一百四十万套，增长了十倍。

在锻压机床上，可利用小型气动进给装置，实现锻料毛坯

的进给，冲床可以用高速气缸来实现冲头的动作，安全、可靠。

在热加工中，气动装置可以显示出更大的优越性。如铸造行业流水线中，送砂、振动、起模、造型等等各道工序，都可采用气压传动。由于气动没有火灾的危险，在制芯机、射芯机、浇铸等机械上，均可采用气压传动。尽管铸造车间灰尘大，温度高，仍能可靠地工作。

在交通运输部门，气动主要用在轮船、汽车、机车的刹车、开关门、自翻车等机构上。

化工厂、石油企业、热处理车间可采用各种气吊，没有引爆的危险。利用气压传动控制各种阀门及可燃气体的输送等等。

利用气动元件，可以方便地组成各种输送装置，由于其体积小（最小气缸的直径仅40毫米左右）可以在很小的空间完成一些较复杂的动作，管路连接也很方便。自动输送装置不仅是联接机械设备，减轻劳动强度的主要手段，而且有很重要的经济效果。据国外统计，大批量机械加工中，搬运工作和装卸工件的劳动力费用占32%，所以采用气动装置，是组成自动输送装置的一条途径。因此在钟表、自行车、照相机、缝纫机等大批量生产中，普遍采用气动机械手以完成零件的输送、传递等工作是有很大的好处。小型复杂零件的加工，最适合采用全气动动力头。这种全气动动力头体积小、转速高，能实现自动循环，可以在很小的空间组成多工位组合机床，而且能够方便地随着工件的形状不同而改变位置，这种动力头可用来加工仪表零件和无线电零件，是一种通用化部件。

除了专用机械手以外，气压传动还广泛地应用于程控操作机（或称为工业机器人）。这种程控操作机有较大的灵活可调性，而且与主机没有机械的联系，通用性较广。据了解，目前在国内外程控操作机中，有三分之一左右采用气压传动，完成“手臂”的各种动作。

在矿山机械中广泛地应用气动马达。气动马达适用于需要无级变速，经常改变旋转方向，起动频繁以及防爆、负载起动的场合。在空气潮湿，高温以及不便于人直接操作的地方，适于采用气动马达（如小型装岩机，^{气翻矿车等}），因此在矿山、井下作业中，气动马达需要量很大。

在轧钢和有色金属轧制设备上，采用气压传动完成各种辅助动作，一般一条轧钢自动线，需要二百余套气阀和相应数目的气缸，便于实现远距离自动控制。

在各种机械的装配工作中，可利用气动元件组成自动装配线或流水线，完成装配、包装、加封等动作。

气压传动元件的生产，近年来在国外发展较快，例如日本1972年产值为三百六十亿日元，1973年为五百五十亿日元，比上年增长54%，而同期液压元件产值为一千三百亿日元。液压件与气动元件的比例是2.5:1。在我国，目前气动元件的产量和品种都还较少，和液压件相比差距也大，随着工业自动化的发展，气动元件的需要量必然将与日俱增，本市应重视这项工作。

采用气压传动，可用多种方式实现自动控制。既可用电器进行控制，又可实现全气动控制。实现全气动时，利用气动逻辑元件或小型控制阀组成的控制回路，可以不用任何电器元件，采用同一气体动力源，不必进行介质的转换，又没有触点火花引爆的危险，结构简单，制造容易，维修和使用均比较方便。

综上所述，气压传动有广泛的应用前景，特别是在机械设备的自动化、机械化中，适用于实现快速和负荷不大的各种辅助运动，可以和电气、液压等技术一起，互为补充，成为一种投资少、见效快，易于搞群众运动的技术改造手段。在挖掘现有企业潜力中，是一项有效的技术措施。

（上海科学技术情报研究所编75年4月）

截止伐电磁导伐的计标

根据日小金井电磁线圈实际测定，此线圈加交流电压 220V，整流后，直流电压为 70V，设 $k_{20} = 0.01754 \frac{\text{A} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 17.54 \frac{\text{A} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \times 10^{-6}$

直流电压 $U = 70\text{V}$ ，行程 $S = 0.06 \text{cm}$

磁路尺寸：

A、山形中心柱截面积

$$S_{\text{中}} = \frac{\pi}{4} (16^2 - 4^2 - 2 \times 3.2^2 - 2 \times 2.5^2) = 162.58 \text{mm}^2$$

B、山形圆周的截面积

$$S_{\text{周}} = \frac{\pi}{4} (33.5^2 - 29.5^2) - 9.5 \times \frac{3.7}{2} = 166.30 \text{mm}^2$$

C、山形根部厚度

$$H_{\text{山}} = \frac{162.58}{\pi \times 16} = 3.23 \text{mm} \quad \text{取 } H_{\text{山}} = 3.5 \text{mm}$$

行程 $\delta = 0.06 \text{cm}$

线圈部分尺寸：

线圈高 $H = 20.5 - (0.8 - 3.5) - 1.5 = 14.7 \text{mm}$ 取 $H = 14.5 \text{mm}$

线圈厚 $B = \frac{29.8 - 16}{2} - 1.9 = 5 \text{mm}$

线圈窗口面积：

$$Q_K = 14.5 \times 5 = 72.5 \text{mm}^2$$

线圈平均直径

$$D_{\text{cp}} = \frac{29.8 + 16}{2} = \frac{45.8}{2} = 22.9 \text{mm}$$

线圈充填系数 $k_K = 0.44$ 或 0.495

设直流电压为 70V

一、关于电芯的影响：

由于电芯的存在，整流后之电压，很大一部分为反电势所

抵消，由原测数据，电压为 26 V

$$\text{则 } 45 = I \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$I = 0.105 \text{ A}$$

$$\therefore X_L = 2\pi fL$$

$$\phi \propto \frac{\omega i}{R_M}$$

$$\therefore I X_L = 36.7$$

$$\therefore X_L \approx 350 \Omega$$

$$\text{故 } L \propto \frac{\psi}{i} \propto \frac{\omega \phi}{i} \propto \frac{\omega}{i} \phi$$

$$\therefore L \propto \frac{\omega^2}{R_M}$$

即电感与线圈匝数平方成正比，与磁阻成反比，但磁路尺寸一定，所以 R_M 不变。

二、计算线径

$$d = \sqrt{\frac{4fD_{cp} \cdot IW}{\mu}} = \sqrt{\frac{4 \times 17.54 \times 10^{-6} \times 0.105 \times 2500}{70}} = \sqrt{\frac{4218375 \times 10^{-6}}{70}} = 0.08 \text{ mm}$$

取 $d = 0.09$ 或 0.10

三、面积核算：

$$(1) d = 0.09, W = 5500 \text{ 匝}, d' = 0.105$$

$$Q = 1.1 \times W \times d'^2 = 1.1 \times 5500 \times 0.105^2 = 66.7 < 72.5 \text{ 可以}$$

$$(2) d = 0.10, W = 4500 \text{ 匝}, d' = 0.12$$

$$Q_K = 1.1 \times W \times d'^2 = 1.1 \times 4500 \times 0.12^2 = 71.28 < 72.5 \text{ 可以}$$

四、求电阻：

$$(1) R = W \cdot f \frac{D_{cp} \times \pi}{\pi \times \frac{1}{4} d^2} = 5500 \times \frac{4 \times 17.54 \times 10^{-6} \times 22.9}{0.09^2} = 1091 \Omega$$

$$(2) R = 4500 \times \frac{4 \times 17.54 \times 10^{-6} \times 22.9}{0.10^2} = 723 \Omega$$

五、求感抗 X_L

$$(1) X_L = \left(\frac{5500}{2500} \right)^2 \times 350 = 1694 \Omega$$

$$(2) X_L = \left(\frac{4500}{2500} \right)^2 \times 350 = 1294 \Omega$$

六、电流 I

$$(1) Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{1091^2 + 1694^2} = 2029 \Omega$$

$$\therefore I = \frac{99}{2029} = 0.049 A$$

$$(2) Z = \sqrt{1294^2 + 723^2} = 1480 \Omega$$

$$I = \frac{0.45 \times 220}{1480} = 0.067$$

七、求安匝数 I_W

$$(1) I_W = 0.049 \times 5500 = 269.5 > 262.5 \quad \text{可以}$$

$$(2) I_W = 0.067 \times 4500 = 301.5 > 262.5 \quad \text{可以}$$

八、电流密度 J 、

$$(1) J = \frac{I}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{0.067}{0.785 \times 0.1^2} = 8.5 \quad \text{尚可}$$

$$(2) J = \frac{0.049}{0.785 \times 0.092} = 7.7 \quad \text{尚可}$$

截止伐的计标

一、前述、

本次选型设计截止伐分为活塞式及薄膜式二类，而规格活塞式的有 1" 和 1/4" 二种，薄膜式的只有 1" 的一种。在计标中 1" 的以活塞式为主，薄膜式与活塞式参数相同处就略标就不再重复了。计标内容包括主要参数计标、密封比压计标、弹簧计标、橡胶挤压强度计标，以及对 1" 活塞式个别另件进行剪切强度计标。

二、计标

1/4" 截止伐计标

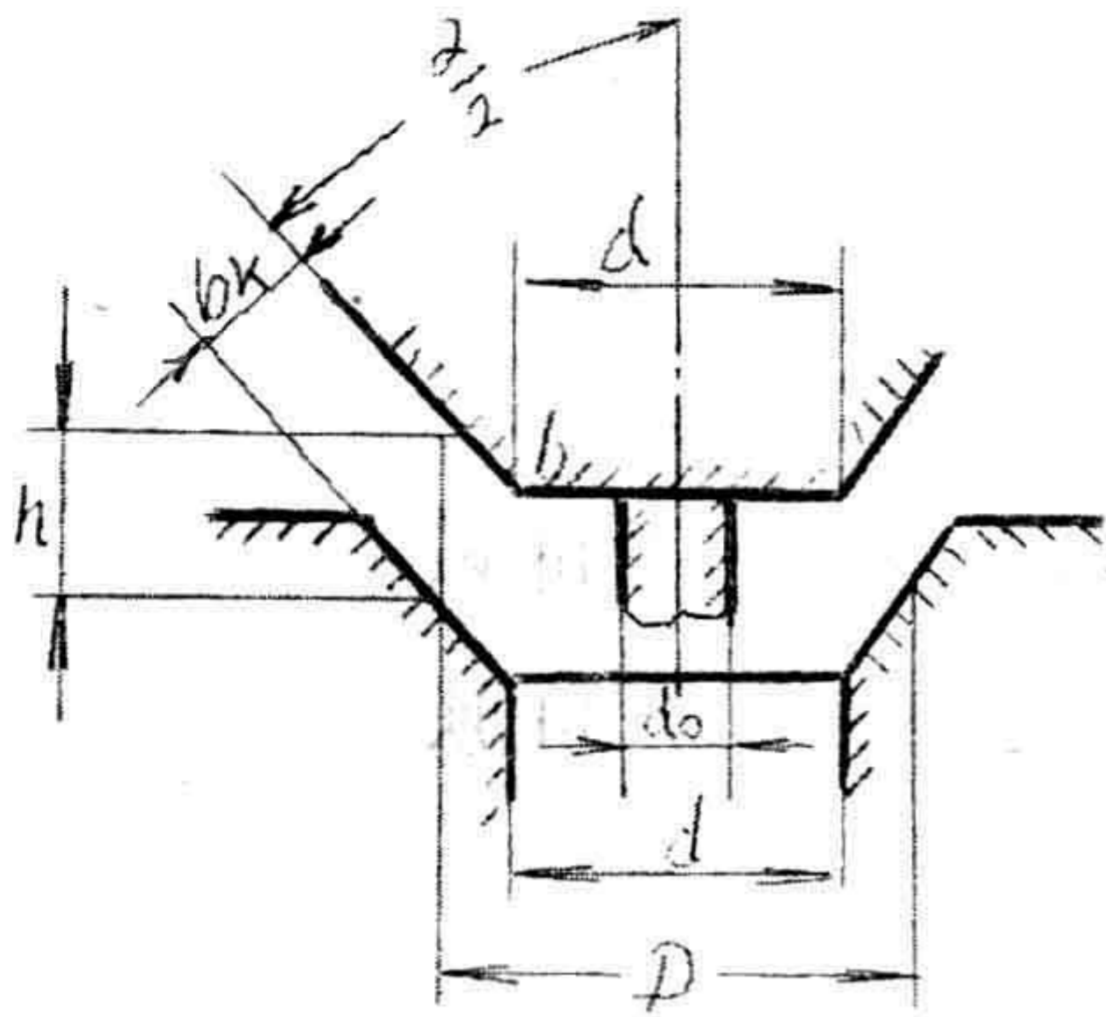
(一)、流通面积及行程

根据标准 1/4" 截止伐的公称口径应为 $\phi 8 \text{ mm}$ 。采用的密封面结构如图所示，其最小流通截面处为 ab 截圆锥表面积，则

表面积为: $f = \pi b_k \frac{D+d}{2}$, $b_k = h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$

$$D = d + 2 b_k \cos \frac{\alpha}{2} = d + 2 h \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} = d + h \sin \alpha$$

$\therefore f = \pi h \sin \frac{\alpha}{2} (d + \frac{h}{2} \sin \alpha)$, 而伐座的流通面积 f_1



$$f_1 = \frac{\pi (d^2 - d_o^2)}{4}$$

设计中应要求 $f = f_1$.

$$\text{即 } \frac{\pi (d^2 - d_o^2)}{4} = \pi h \sin \frac{\alpha}{2} (d + \frac{h}{2} \sin \alpha)$$

$$h = \frac{-d + \sqrt{d^2 - \cos \frac{\alpha}{2} (d_o^2 - d^2)}}{\sin \alpha}$$

设 $\frac{1}{4}$ " 截止伐中 $d_o = \phi 5 \text{ mm}$, $d = \phi 9.5$, $\alpha = 90^\circ$

$$\text{公称流通面积 } f_g = \frac{\pi}{4} d_g^2 = \frac{\pi}{4} \times 0.8^2 = 0.503 (\text{cm}^2)$$

$$\text{伐座流通面积 } f_1 = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_o^2) = \frac{\pi}{4} (0.95^2 - 0.5^2) = 0.513 (\text{cm}^2)$$

$> 0.503 (\text{cm}^2)$ 说明可行。

将以上所设已知数代入行程 h 式得:

$$h = \frac{-9.5 + \sqrt{9.5^2 - \cos 45^\circ (5^2 - 9.5^2)}}{\sin 90^\circ} = -9.5 + \sqrt{132.85} = 2 (\text{mm})$$

(=)、密封比压

根据日、小金井样机 M254-4E1 截止伐试验数据可得, 密封为锥形面软橡胶密封, 当工作压力和控制压力大于或等于 4 kg/cm^2 时, 截止伐不漏气, 其最小密封比压为:

由所给弹簧的已知数算弹簧力

$$\text{已知: } D_2 = 14 \text{ mm}$$

$$d_o = 5 \text{ mm}$$

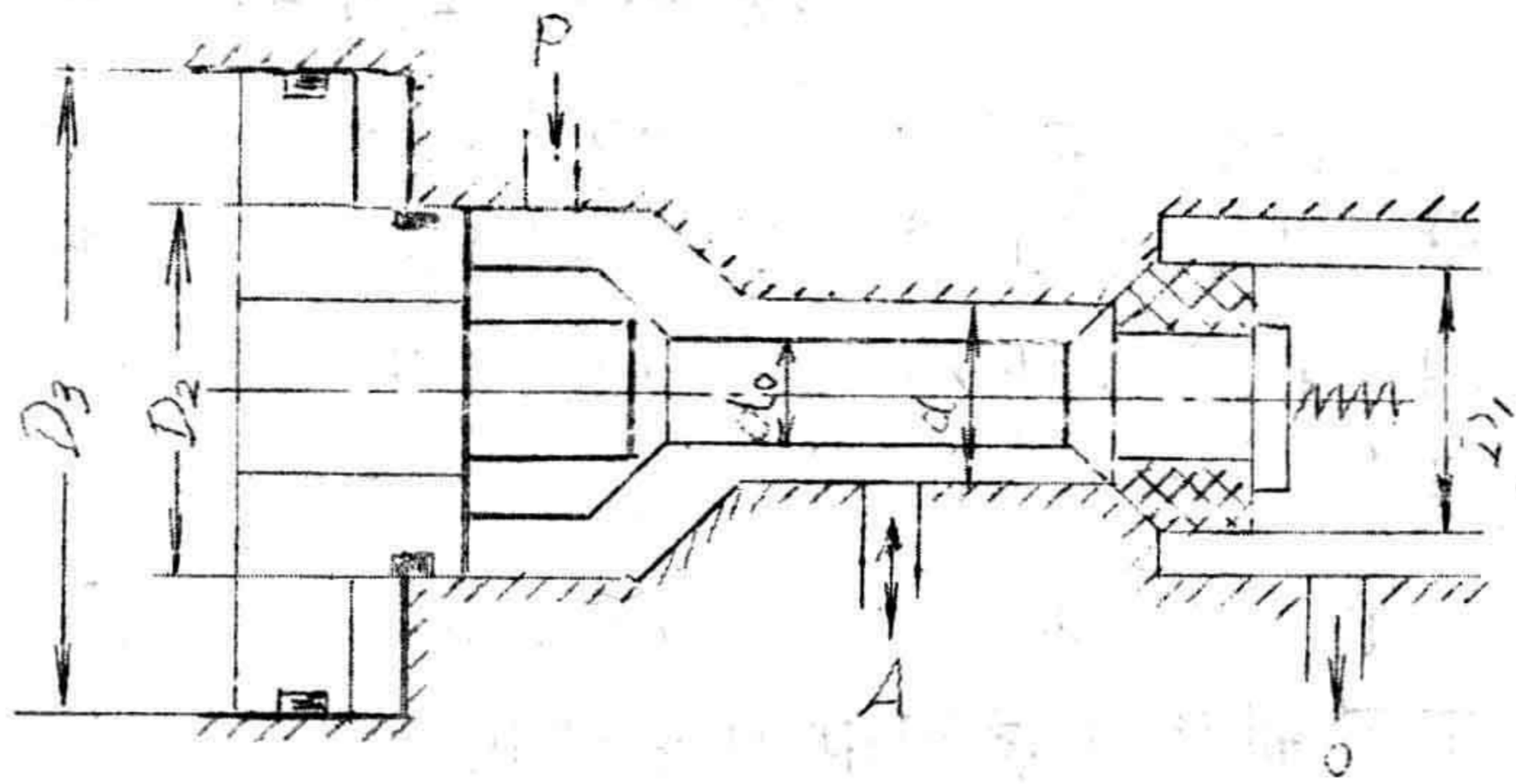
$$d = 3 \text{ mm}$$

$$D_1 = 10.7 \text{ mm}$$

弹簧已知:

$$d_{cp} = \phi 2.6 \text{ mm}, D_{外} = \phi 3 \text{ mm}, d = \phi 0.4 \text{ mm}$$

$$n_I = 10, H_{自} = 15 \text{ mm}$$



安装变形 $f_1 = 0.8 \text{ mm}$, 最大变形 $f_2 = 2.3 \text{ mm}$
 根据弹簧变形量公式

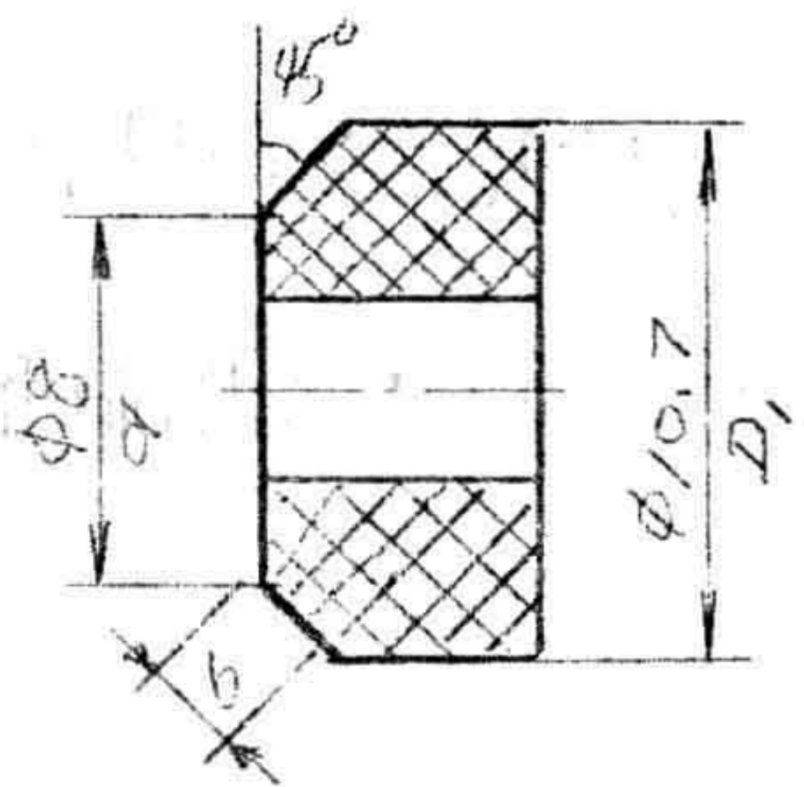
$$f = \frac{8 P d c p^3 n_1}{G d^4}$$

∴ 弹簧安装时受力:

$$P_{\text{弹}} = \frac{f \times G \times d}{8 \times d c p^3 \times n_1} = \frac{0.8 \times 8000 \times 0.4^4}{8 \times 2.6^3 \times 10} = 0.12 \text{ kg}$$

常开型:

按 1 kg/cm^2 下来考虑密封比压 (在此结构, 当工作压力增加时, 密封力也随之增加, 所以 1 kg/cm^2 下能封住, 压力增加就一定能够封住)



密封力:

$$P_1 = \left(\frac{\pi}{4} D_2^2 - \frac{\pi}{4} d^2 \right) p + P_{\text{弹}} = \frac{\pi}{4} (1.4^2 - 0.8^2) + 0.12 = 1.16 \text{ kg}$$

密封面面积:

$$f = \pi b \left(\frac{D_1 + d}{2} \right) = \pi \times 1.55 \times \sqrt{2} \left(\frac{10.7 + 8}{2} \right) = 0.55 \text{ cm}^2$$

$$\text{则密封比压: } P_{\text{比}} = \frac{P_1}{f} = \frac{1.16}{0.55} = 2.1 \text{ kg/cm}^2$$

有控制压力时橡胶受挤压, 而在常闭状下受挤压较大, 所以在 9 kg/cm^2 最大压力下, 总受力为 F 为:

$$F = \frac{\pi}{4} D_3^2 \times p - \frac{\pi}{4} \times d^2 \times p - \frac{P_{\text{弹}}}{f_1} \times f_2$$

式中 $D_3 = 20 \text{ cm}$, $p = 9 \text{ kg/cm}^2$, $d = 0.8 \text{ cm}$, $P_{\text{弹}} = 0.12 \text{ kg}$
 $f_1 = \text{初变形}$, $f_2 = \text{切换后最大变形}$, 将已知数代入

$$F = \frac{\pi}{4} \times 2^2 \times 9 - \frac{\pi}{4} \times 0.8^2 \times 9 - 0.12 \frac{2.8}{0.8} = 23.5 \text{ kg}$$

$$p_{\text{挤压}} = \frac{F}{f} = \frac{23.5}{0.55} \approx 43 \text{ kg/cm}^2$$

本设计 1/4" 截止伐，设弹簧的安装时初变形为 1.8 mm，受力为 0.24 kg，总变形为 3.8 mm 总受力为 0.5 kg，伐有关尺寸前面已假设

$$d_0 = 5 \text{ mm}, \quad d = 9.5 \text{ mm}, \quad D_1 = 12 \text{ mm}$$

以下分别计算常闭时的密封比压。

(1)、常开时、常开伐

$$\begin{aligned} \text{密封面积 } f_{\text{塞}} &= \pi \cdot b \left(\frac{D_1 + d}{2} \right) = \pi \times 1.25 \sqrt{2} \left(\frac{12 + 9.5}{2} \right) = 5.96 (\text{mm}^2) \\ &= 0.596 (\text{cm}^2) \end{aligned}$$

根据流通截面应不小于

$$\frac{\pi}{4} d_{\text{公}}^2 = \frac{\pi}{4} \times 8^2 = 50.3 (\text{mm}^2) = 0.503 (\text{cm}^2)$$

$$\text{要求 } \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = \frac{\pi}{4} d_{\text{公}}^2$$

$$\therefore D_2 = \sqrt{d_{\text{公}}^2 + D_1^2} = \sqrt{8^2 + 12^2} = 14.4 (\text{mm})$$

取 $D_2 = 15 \text{ mm}$

当工作压力为 1 kg/cm^2 时

$$p_{\text{比}} = \left[\frac{\pi}{4} (D_2^2 - d^2) \times p + P_{\text{弹}} \right] / f_{\text{塞}}$$

$$= \left[\frac{\pi}{4} (1.5^2 - 0.95^2) \times 1 + 0.24 \right] / 0.596 = 2.2 \text{ kg/cm}^2 > 2.1 \text{ kg/cm}^2$$

此数据大于小金井 $p_{\text{比}}$ ，说明可行。在工作压力与控制压力为同一气源时，最低工作压力为 1 kg/cm^2

(2)、常闭时：

$$p_{\text{比}} = \frac{\frac{\pi}{4} D_1^2 \times p + 0.24}{0.596} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 1.2^2 \times 1 + 0.24}{0.596} = 2.3 \text{ kg/cm}^2 > 2.1 \text{ kg/cm}^2 \text{ 说明可行。}$$

(3)、求 D_3 (即控制压力作用于大活塞直径)

指在工作压力为 5 kg/cm^2 ，控制压力为 2.5 kg/cm^2 时推力、阻力计算，常开、常闭分别计算如下：

(a)、常闭时：

阻力 $p_{阻} = \frac{\pi}{4} p_I \cdot D_1^2 + p_{弹} + F_{摩}$, 推力 $p_{推} = \frac{\pi}{4} D_3^2 p_{控}$
 求活塞二个 V 型圈之摩擦力

在 D_2 处 $F_{摩_1} = \pi D_2 l \cdot f \cdot p_2 = \pi \times 1.5 \times 0.15 \times 0.1 \times 5 = 0.35 \text{ kg}$

其中 l - V形圈接触面长度 0.15 cm , f 摩擦系数 $= 0.1$,

p_I 工作压力 $= 5 \text{ kg/cm}^2$

在 D_3 处 $F_{摩_2} = \pi D_3 l \delta \cdot p_{控} = \pi D_3 \times 0.15 \times 0.1 \times 2.5$

设 $D_3 = 22 \text{ mm}$

则 $F_{摩_2} = 3.14 \times 2.2 \times 0.15 \times 0.1 \times 2.5 = 0.3 \text{ kg}$

\therefore 总摩擦力 $F_{摩} = F_{摩_1} + F_{摩_2} = 0.35 + 0.3 = 0.65 \text{ kg}$

阻力 $p_{阻} = 5 \times \frac{\pi}{4} \times 1.2^2 + 0.5 + 0.65 = 6.77 \text{ kg}$

推力 $p_{推} = \frac{\pi}{4} \times 2.2^2 \times 2.5 = 8.2 \text{ kg} > 6.77 \text{ kg}$

由上可知 $p_{推}$ 大于 $p_{阻}$, 说明假设尺寸可行。

$\therefore D_3 = 22 \text{ mm}$

(b) 常开时:

$p_{推}$ 力不变, 阻力 $p_{阻} = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - d^2) \times p_I + F_{摩} + p_{弹}$

$$= \frac{\pi}{4} (1.5^2 - 0.95^2) \times 5 + 0.65 + 0.5 = 6.55 \text{ kg} < 8.2 \text{ kg}$$

可行。

(三) 弹簧计算

已知: 初变形 $f_1 = 1.5 \text{ mm}$, 初压缩力 $F_1 = 0.24 \text{ kg}$, 最大变形 $f_2 = 3.5 \text{ mm}$, 最大压缩力 $F_2 = 0.5 \text{ kg}$

设弹有关尺寸为 $d_{cp} = \phi 2.6 \text{ mm}$, $D_{外} = \phi 3 \text{ mm}$, $d = 0.4 \text{ mm}$,

$n_I = 10$, $H_{自} = \delta \cdot n_I + (n_1 + 1) d$

式中 δ - 弹簧间隙, n_1 - 弹簧总圈数 ($n_1 = n_I + 1.5$) d - 弹簧丝直径

将已知数代入得

$$H_{自} = 10\delta + (1.5 + 1) \times 0.4 = 15 \quad \therefore \delta = 1 \text{ mm} , \quad \text{节距 } t = \delta + d = 1 + 0.4 =$$

1.4 mm

$p_{\text{弹}} = 0.24 \text{ kg}$, 则 $f_1 = \frac{8 p d c p^3 \cdot \eta_{\Sigma}}{G \times d^4} = \frac{8 \times 0.24 \times 2.6^3 \times 10}{8 \times 0.4^4 \times 10^3} = 14 \text{ mm}$
可行。

(四)、核杯橡胶挤压强度

(1)、常闭时、按控制压力及工作^{压力}均为 8 kg/cm^2 情况下

$$F = \frac{\pi}{4} \times D_3^2 \times p - \frac{\pi}{4} \times d^2 \times p - 0.5 = \frac{\pi}{4} \times 2.2^2 \times 8 - \frac{\pi}{4} \times 0.95^2 \times 8 - 0.5 = 24.2 \text{ kg}$$

$$f = 0.596 \text{ cm}^2$$

$$p_{\text{挤压}} = \frac{F}{f} = \frac{24.2}{0.596} = 40 \text{ kg/cm}^2, \text{ 常开时比常闭时小, 所以核杯}$$

查机械零件手册 p 299页 (苏联、阿尔切康主编), 中等硬度橡胶 $\sigma_{\text{允许}} = 40 \text{ kg/cm}^2$ 说明可行。

1"截止伐计杯

(一) 流通面积和行程

根据标准 1"截止伐公称口径应为 25 mm, 采用的密封结构同 1/4", 如图所示。

其最小流通截面处为截

圆锥表面积

$$f = \pi b_{\kappa} \left(\frac{D+d}{2} \right)$$

$$b_{\kappa} = h \sin \frac{\alpha}{2} \quad D = d + h \sin \alpha$$

$$\therefore f = \pi h \sin \frac{\alpha}{2} \left(d + \frac{h}{2} \sin \alpha \right)$$

$$\text{伐座流通面积 } f_1 = \frac{\pi(d^2 - d_0^2)}{4}$$

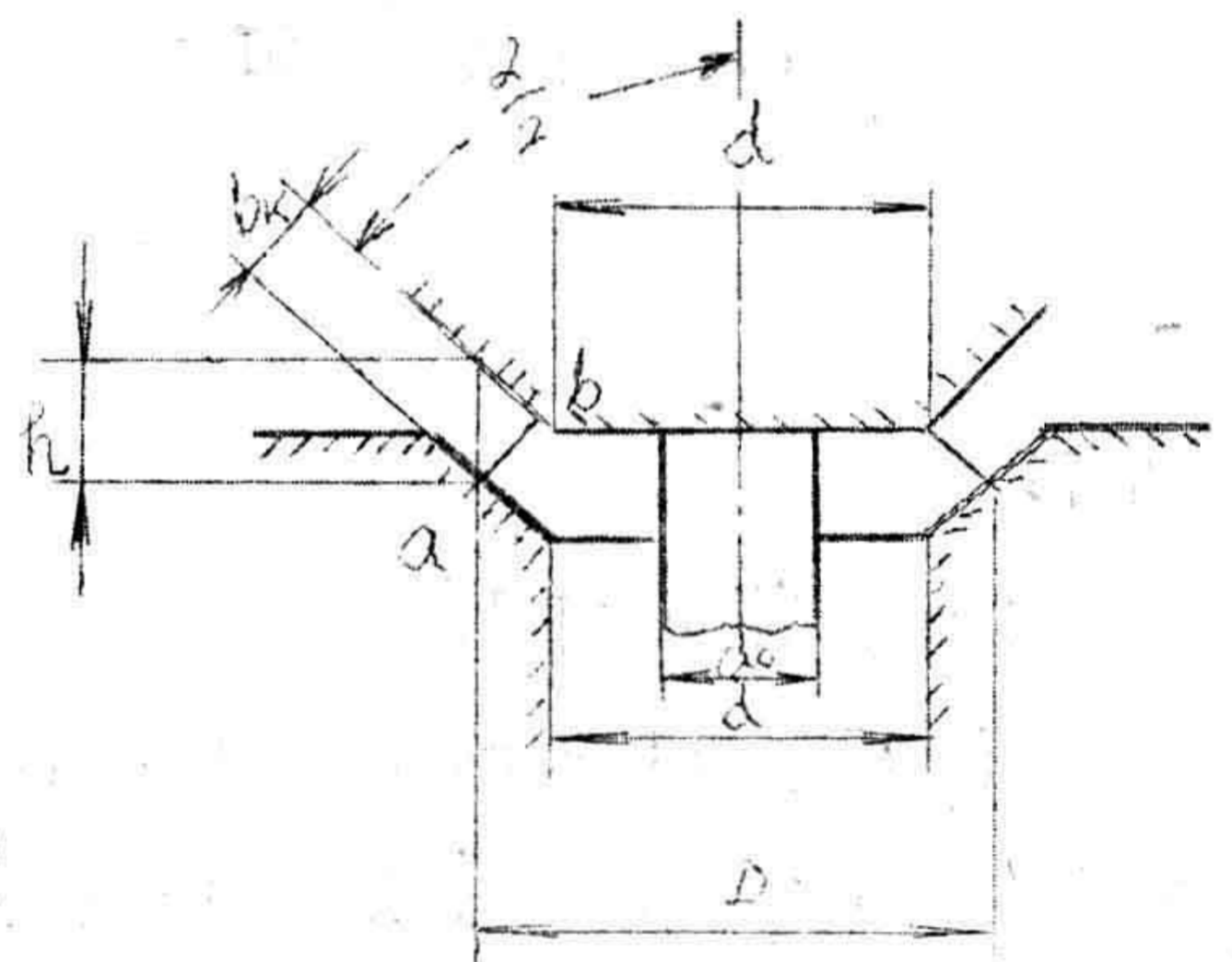
设计中应要求 $f = f_1$

$$\text{即 } \frac{\pi(d^2 - d_0^2)}{4} = \pi h \sin \frac{\alpha}{2} \left(d + \frac{h}{2} \sin \alpha \right)$$

$$\therefore h = \frac{-d + \sqrt{d^2 - \cos^2 \frac{\alpha}{2} (d_0^2 - d)}}{\sin \alpha}$$

设 1"截止伐中 $d_0 = 8 \text{ mm}$, $d = 27 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$$\text{公称流通面积 } f_{\text{公}} = \frac{\pi}{4} d_{\text{公}}^2 = \frac{\pi}{4} \times 2.5^2 = 4.91 (\text{cm}^2)$$



伐座流通面积 $f_1 = \frac{\pi}{4} (2.7^2 - 0.8^2) = 5.73 - 0.5 = 5.23 (\text{cm}^2)$

$5.23 \text{ cm}^2 > 4.91 \text{ cm}^2$ 说明可行。

将以上所设已知数代入行程 h 式得，

$$h = \frac{-27 + \sqrt{27^2 + \cos 45^\circ (8^2 - 27^2)}}{\sin 90^\circ} = 8 (\text{mm})$$

(二) 密封比压

根据前述已对日、小金井伐密封比压，进行了计算，得 $p_{比} = 2.1 \text{ kg/cm}^2$ 。

现计算本设计 1" 截止伐的密封比压，设弹簧 安装初变形为 4 mm，受力为 0.5 kg，最大变形为 12 mm，总受力为 1.5 kg。

伐的有关尺寸 $d_0 = 8 \text{ mm}$ ， $D_1 = 32 \text{ mm}$ ， $d = 27 \text{ mm}$ ， D_2 由下式推算 $\frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = \frac{\pi}{4} d_0^2$ ， $D_2 = \sqrt{D_1^2 + d_0^2} = \sqrt{32^2 + 25^2} = 40.5 \text{ mm}$ 现取 $D_2 = 42 \text{ mm}$ 。

现分别计算常闭及常开时的密封比压

1. 常开时

$$\text{密封面积 } f_{密} = \pi b \left(\frac{D_1 + d}{2} \right)$$

将已知数代入得

$$f_{密} = \pi \times 2.5 \sqrt{2} \left(\frac{32 + 27}{2} \right)$$

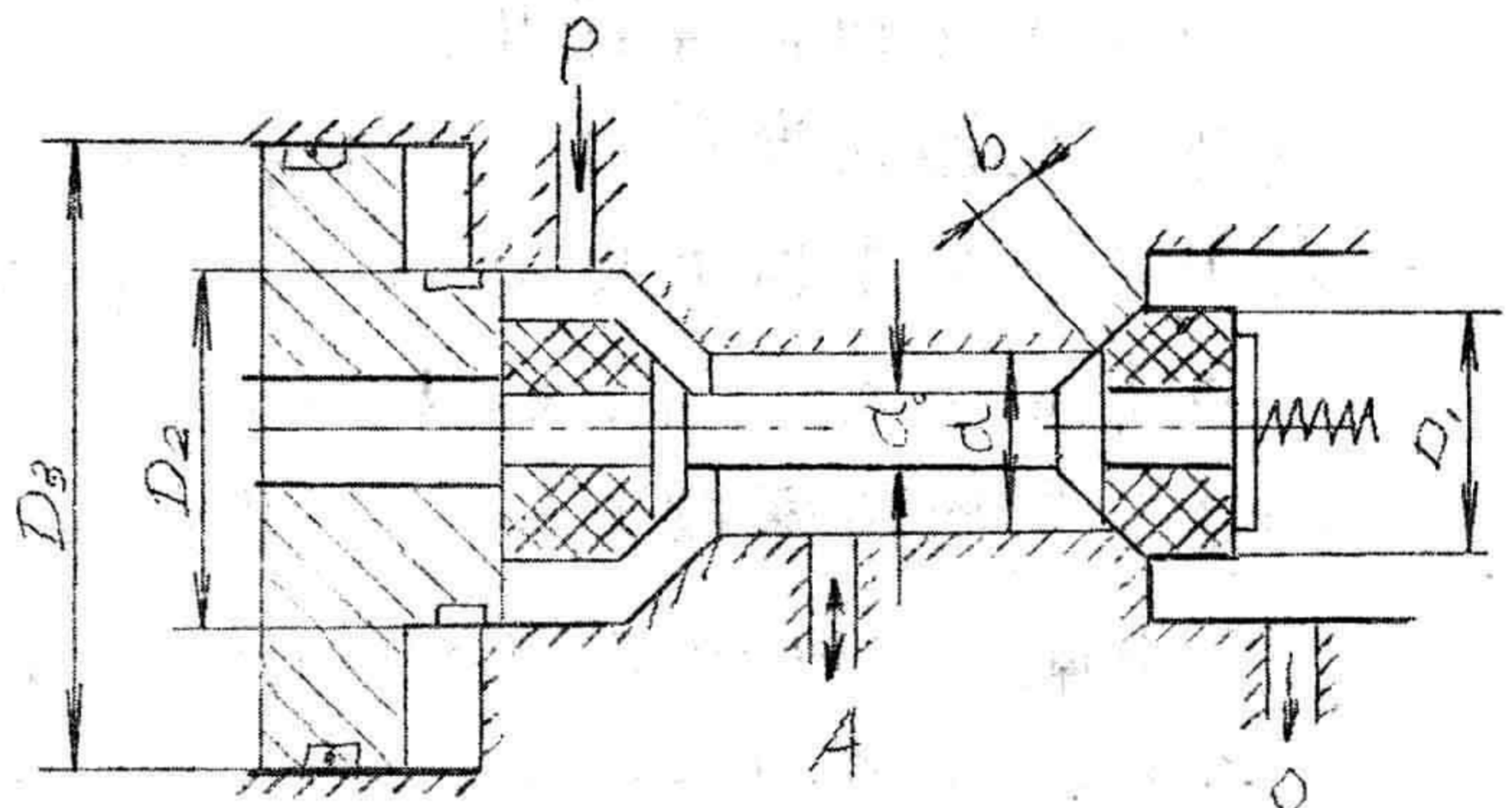
$$= 327.4 (\text{mm}^2) = 3.274 (\text{cm}^2)$$

当工作压力为 1 kg/cm^2 时，

$$p_{比} = \left[\frac{\pi}{4} (D_2^2 - d^2) p + p_{弹} \right] / f_{密}$$

式中 $D_2 = 42 \text{ mm}$ ， $d = 27 \text{ mm}$ ， $p_{弹} = 0.5 \text{ kg}$ ， $f_{密} = 3.274 \text{ cm}^2$ 。

$$\therefore p_{比} = \left[\frac{\pi}{4} (4.2^2 - 2.7^2) \times 1 + 0.5 \right] / 3.274 = 2.64 \text{ kg/cm}^2 > 2.1 \text{ kg/cm}^2$$



此数据大于小金井 $P_{比}$ ，说明最低工作压力 1 kg/cm^2 可行能密封。

2. 常闭时

$$P_{比} = \frac{\pi}{4} D_1^2 \times p + P_{弹} / f_{密} = \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 \times 1 + 0.5 / 3.274 = 2.61 \text{ kg/cm}^2 > 2.1 \text{ kg/cm}^2$$

说明可行。

3. 求 D_3 ：指在工作压力为 5 kg/cm^2 ，控制压力为 2.5 kg/cm^2 时的推力，阻力计算。

常开常闭分别计算如下：

a. 常闭时

$$\text{阻力 } P_{阻} = \frac{\pi}{4} P_I \cdot D_1^2 + P_{弹} + F_{摩}$$

$$\text{推力 } P_{推} = \frac{\pi}{4} D_3^2 \cdot p_{控}$$

式中 $P_I = 5 \text{ kg/cm}^2$ ， $P_{弹} = 1.5 \text{ kg}$ （位换向动作弹簧最大压缩变形力）

$$F_{摩} = \text{两个 V 型圈的摩擦力} = F_{摩1} + F_{摩2}$$

求两个 V 型圈的摩擦力：

$$D_2 \text{ 处 V 型圈的摩擦力 } F_{摩} = \pi D_2 l f p$$

式中 l - V 型圈长度为 1 cm ， f - 摩擦系数为 0.1

$$\therefore F_{摩1} = 3.14 \times 4.2 \times 1 \times 0.1 \times 5 = 6.59 \text{ kg}$$

$$D_3 \text{ 处 V 型圈的摩擦力 } \quad \text{设 } D_3 = 5.5 \text{ cm}$$

$$F_{摩2} = 3.14 \times 5.5 \times 1 \times 0.1 \times 2.5 = 4.26 \text{ kg}$$

$$\therefore F_{摩} = 6.59 + 4.26 = 10.85 \text{ kg} \quad \text{代入上式 } P_{阻}$$

$$\text{阻力 } P_{阻} = \frac{\pi}{4} \times 3.2^2 \times 5 + 1.5 + 10.85 = 52.3 \text{ kg}$$

$$\text{推力 } P_{推} = \frac{\pi}{4} \times 5.5^2 \times 2.5 = 58.6 \text{ kg} > 52.3 \text{ kg}$$

说明 $D_3 = 5.5 \text{ cm}$ ，能克服阻力

b. 常开时

$$\text{阻力 } P_{阻} = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - d^2) p + F_{摩} + P_{弹} = \frac{\pi}{4} (4.2^2 - 2.7^2) \times 5 +$$

$$10.85 + 1.5 = 52.98 \text{ kg} < 58.6 \text{ kg}$$

$$\text{推力不变 } P_{推} = 58.6 \text{ kg}$$

说明在常开时, $p_{\text{控}} = 2.5 \text{ kg/cm}^2$, $p_{\text{I}} = 5 \text{ kg/cm}^2$, 也能阻力工作。

(三) 弹簧计算

已知: 安装时初变形力 $P_{\text{弹}1} = 0.5 \text{ kg}$, 启动时最大变形力 $P_{\text{弹}2} = 1.5 \text{ kg}$, 工作行程 $h = 8 \text{ mm}$, 材料 60 Si₂ Mn, $G = 8 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$
设有尺寸为 $d = \phi 1.6 \text{ mm}$, $n_{\text{I}} = 8$, $n_{\text{总}} = n_{\text{I}} + 2 = 10$ 。

$$D_{\text{外}} = 20.5 \text{ mm}, d_{\text{中}} = 18.9, t = 3.2 \text{ mm}$$

$$H_{\text{自}} = n_{\text{I}} t + 1.5 d = 8 \times 3.2 + 1.5 \times 1.6 = 28 \text{ mm}$$

$$\text{刚度 } p' = \frac{G d^4}{8 d_{\text{中}}^3 n_{\text{I}}} = \frac{8 \times 10^3 \times 1.6^4}{8 \times 18.9^3 \times 8} = 0.12 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{又根据 } p' = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{1.5 - 0.5}{8} = 0.12 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{又 } p' = \frac{P_1}{f_1} = \frac{0.5}{4} = 0.12 \text{ kg/mm}^2 \text{ 说明所设弹簧可行。}$$

(四) 橡胶挤压强度计算

1. 常闭时

按控制压力及工作压力均为最大压力 8 kg/cm^2 情况下

$$P_{\text{挤}} = \frac{F_{\text{挤}}}{f_{\text{空}}} = \frac{(\frac{\pi}{4} D_3^2 p - \frac{\pi}{4} d^2 p - 1.5)}{f} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 8 \times (5.5^2 - 2.7^2) - 1.5}{3.274} = 43.61 \text{ kg/cm}^2$$

2. 常开时

$$P_{\text{挤}} = \frac{\frac{\pi}{4} D_3^2 p - \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \times p - 1.5}{f} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 8 \times (5.5^2 - 4.2^2 + 3.2^2) - 1.5}{3.274} = 43.4 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_{\text{允许}} = 40 \text{ kg/cm}^2$, 而我们求得的数据都大于 40 kg/cm^2 。说明在一般常用工作压力 $5 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$ 下较保险, 在最大工作压力下用就稍有些高, 但一般很少用到 8 kg/cm^2 , 所以还是可行。

(五) 有关另件强度计算

1. 挡圈剪切强度计算

已知: 材料 A₃, $[\tau] = 350 \text{ kg/cm}^2$, $p = 8 \text{ kg/cm}^2$