

矿车清理机械化

《矿车清理机械化》编写组

0524

煤炭工业出版社

矿
车
清
理
机
械
化

矿车清理机械化

《矿车清理机械化》编写组

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书重点介绍我国煤矿在开展群众性“双革”活动中,一些局矿因地制宜、自力更生试制成功使用效果较好的几种矿车清扫机(器),如电动高低频机械振动、电磁振动、风力振动、电渗法清理矿车和圆盘式清扫器等各种不同类型清车机(器)的基本结构,其中着重探讨了高频机械振动、电磁振动和电渗法的工作原理以及高频机械振动的参数测定法。参考选用清车机(器)可以改善工人作业条件,解放笨重体力劳动,提高装载效能,为煤炭大干快上多出煤将起到一定的作用。可供矿车使用维修工人阅读,也可供有关厂矿、科研、设计、制造等单位工程技术人员参考。

矿车清理机械化

《矿车清理机械化》编写组

*

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787×1092¹/₃₂ 印张3³/₄ 插页2

字数 80 千字 印数 1—6,300

1977年9月第1版 1977年9月第1次印刷

书号15035·2122 定价0.37元

前 言

矿车粘底煤的清理，一直是矿井运输中的一个薄弱环节。据不完全统计，全国煤矿粘底煤平均占矿车容积的20%左右。这不但不能充分发挥矿车的装载效能，而且造成人力、电力、设备的浪费，降低了矿井运输能力及矿车利用率，影响矿井生产水平的提高，成为煤矿挖潜增产中带有普遍性和急需解决的问题。

近几年来广大煤矿职工，针对这个问题，因地制宜，自力更生，大力开展技术革新群众运动，大打清扫矿车机械化攻关战，试制成各种形式的清车机，取得了显著效果。这是文化大革命以来，生产和科研相结合，大搞群众革新的一项可喜成果。一九七五年以来，煤炭工业部先后在开滦、萍乡和梅田矿务局召开了三次煤矿清扫矿车机械化经验交流会，使各种形式的清车机取长补短，逐步完善。为了使这些群众性技术革新成果在全国煤矿中广泛地交流推广，我们搜集了开滦、潞安、窑街、萍乡、梅田、徐州、鹤壁等七个局矿使用的电动高频、电动低频、电磁振动、电渗法和圆盘式清扫机等六种类型清车机的经验，汇编成册，系统介绍，以供各矿仿制参考。

本书介绍的清车机都是各矿根据具体条件设计、制造的，结构不尽相同，使用条件各异。本书着重介绍其基本结构和工作原理。毛主席教导说：“**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远**

不会停止在一个水平上。”在推广使用中，要注意结合实际条件加以改进。经验表明，用好清车机，不但要选择适当的形式，还要坚持使用，加强管理维护，不断改进提高。

本书是根据上述各局矿提供的资料整理的，编写工作有不完善之处，希望读者指正。

《矿车清理机械化》编写组

目 录

一、电力自动高频清车机	1
二、固定式高频振动清车机	39
三、电动低频振动清车机	47
四、电磁振动清车机	59
五、风力自动高频清车机	77
六、电渗法清理矿车	88
七、圆盘式1吨矿车清扫机	107

一、电力自动高频清车机

开滦唐山矿多年以来，存在车底粘煤多，矿车有效容积减小的问题，这直接影响着运输任务的完成。唐山矿井运区“三结合”技术革新小组，经过坚持不懈地努力和不断实践，于一九七二年九月成功地试制出第一台“电力自动高频清车机”。经过半年多的工业性实验和不断改进，已于一九七三年五月一日正式使用，经过三年多的生产实践考核，运转正常。清一车时间约10~15秒，也可在矿车卸煤的同时震动清车，做到基本不占清车时间。清车效果不如电渗和低频振动两种清车机清理的干净，但总的效果较好。清车时不需人来控制。但噪音大，对矿车寿命有一定影响。

唐山矿使用的电力自动高频清车机共有三种形式：固定式清车机、外移式清车机（用于0.75吨矿车）和垂直升降式清车机（用于3吨矿车）。

基 本 原 理

（一）振动和振动系统

什么是振动呢？任何物体或机体都具有一定的质量和弹性。当物体受到一定外力的扰动后，它就按一定的节奏在原来静止的位置，沿着直线或圆弧作往复运动，这种运动就称为振动。

什么是振动系统？本身具有弹性的质量或是和它相连接的弹性部分的组合体，就称为振动系统。最简单的振动系

统，通常可由质量为 m 的重物和螺旋弹簧所组成。见图1-1。

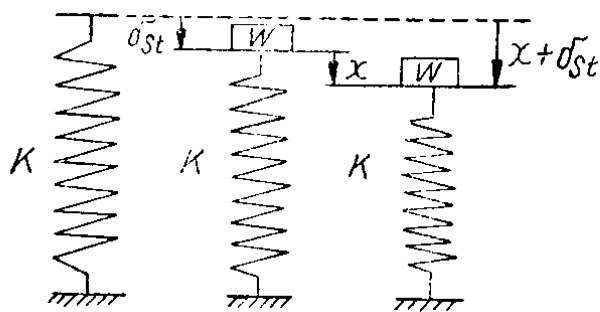


图 1-1 简单的振动系统

物体重量 W 使弹簧压缩 δ_{st} 后而静止不动，这种压缩称为静力压缩，产生每单位长度的静力压缩所需要的力，称为该弹簧的弹力常数 K （即弹簧刚度），而弹簧因其伸长所

产生的力称为回复力。今重物在静止位置，被重力和弹簧的回复力所平衡，这二力大小相等，方向相反，即

$$K \cdot \delta_{st} = W$$

这种呈平衡状态时的位置，称为平衡位置或中立位置。

今要使质量 m 向下离开平衡位置 x 距离而听其自由运动，这时弹簧力大于重力，即

$$K \cdot (\delta_{st} + x) > W$$

故质量 m 即向上运动，到达平衡位置以后，因其仍具有动量，故必须继续向上运动。经过平衡位置后，弹簧力逐渐减弱，即

$$K \cdot (\delta_{st} + x) < W$$

于是这向上的运动随即逐渐被这向下的力所减慢，最后质量在一定的顶点停止。然后 m 再向下运动，经过平衡位置而回到原来起动地点，这一运动过程称为完整振动，而这一完整振动所需的时间称为周期 T 。每单位时间内的完整振动的次数，就称为频率（即周率） f 。若无振动阻力存在，则质量自平衡位置到上下顶点的位移相等，这位移称为最大振幅 A 。

当质量 m 作上下运动时，如果在它下端安装记录笔尖，

并用纸带按着一定的速度作横向移动，质量振动的情形就可记录在纸带上，并且是一条余弦曲线，见图1-2。因此振幅的变化，常用余弦或正弦曲线表示：

$$x = A \cdot \cos \omega t$$

由此可见简单振动系统的振动是简谐运动。几个简谐运动可以有同样大小的振幅和周期。在式： $x = A \cdot \cos \omega t$ 中的 ω 是常数， ωt 是以弧度计量的角度。这函数的角周期显然是 2π ，于是 $\omega T = 2\pi$ ，其中 T 是以单位时间

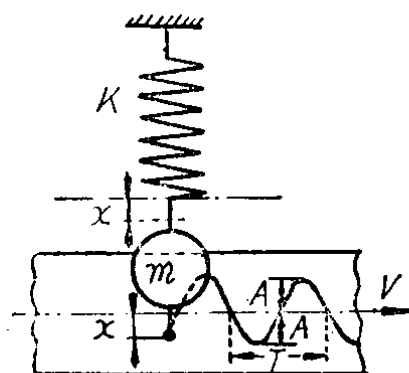


图 1-2 质量振动的情况

计量的周期；而频率 f 、周期 T 和常值角速度 ω 之间的关系如下：

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$$

(二) 强制振动与清车机

上述的运动过程，除起始运动时有外力作用外，以后在上下二顶点之间的运动，全靠这系统自身弹簧的回复力，故称为自由振动。自由振动系统的频率，称为固有频率或自然频率。

若在运动过程中，质量始终被一个具有一定频率的周期性外力所强制着进行，这种振动就称强制振动。

如果强制力的频率和振动系统的固有频率相等或成倍数时，振幅就随时间而增大，此时就称为这系统发生共振。

唐山矿试制的电力自动高频清车机就是属于强制振动。

在其系统上的质量经常有周期性的扰力在作用着,其频率 f 为每分钟1450次,每周期的时间为 $T = \frac{1}{f} = 0.04137$ 秒,角速度为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 152(1/\text{秒})$ 。这种往复振动,就称为一个强制振动系统。

就是利用这一强制振动系统,使粘附在矿车内壁的粘附层,在高频振动的作用下,作用在矿车底部或两侧成120度角以上的位置,使粘附在车壁上的颗粒间摩擦力减小,粘着力减弱。在惯性力作用下,颗粒围绕着自己的平衡位置摆动,使粘附层的完整性受到破坏与矿车内壁分离脱离,达到清理矿车的目的。

当颗粒离开振动中心越远,颗粒的振幅越小,这时颗粒的惯性力小于颗粒间的粘着力和摩擦力,振幅消失,在此情况下,矿车内壁的粘着力已不能引起单独颗粒位移,仍然粘附在矿车内壁上,矿车就得不到清理。所以振动机械的工作效果好坏,不仅与振动器的频率或振幅有关,而且与粘附层的性质也有关。粘附层的颗粒间的粘着力越小,振动效果越好,反之粘着力越大,振动效果越差。所以高频振动清车机效果的好坏,与处理对象的性质有直接关系。

粘附层的粘结程度虽然很高,在振动时粘着力减小,各层与各层在粘附层内的稳定分布而遭到破坏,一层一层地进行分离,或个别块与整体的分离,这都是在惯性力作用下,破坏了粘着力和摩擦力的结果。

所以一定大小物体的惯性力,用被振动物体的加速度值来确定。为了破坏矿车内的粘附层,就必须施加一种能给予矿车内的粘附层各分子某一加速度的力,加速度的大小必须

保证破坏粘附层，有时这种加速度比重力加速度大几倍。说明振动器工作能力的主要指标，是矿车斗的粘附层最厚部分的振幅。测得：0.75吨矿车振幅 $A = 0.032$ 厘米；3吨矿车 $A = 1.15$ 厘米。振幅 A ，振动速度 V ，加速度 a 受迫振动频率 ω 之间的关系为：

$$V = \omega \cdot A$$

$$a = \omega \cdot V = \omega^2 \cdot A$$

在高频振动过程中，给予粘附层的加速度 a 能在粘附层中，足以克服粘着力和破坏整个粘附层的惯性力，使粘附层从矿车内壁分离脱落，这样矿车才能得到清理，效果才会好。唐山矿试制的一型振动器，清理0.75吨矿车底部粘着物时，加速度 $a = 739$ 厘米/秒²，清理3吨矿车底部粘着物时，加速度 $a = 2657$ 厘米/秒²。

振动器是高频振动清车机的主机，它的构造简单，坚固耐用，其构造见图1-3。

其振动原理见图1-4。具有四个不平衡转子的同样大小的质量 m ，以相同的角速度 ω 绕轴 B ，作相反方向的转动，在任何一时间内，这样的四个不平衡转子都绕 y 轴偏转相同的角度 α ，也就是它们同步和同相的转动着。

每个不平衡转子都会产生惯性力 F ，都可以在座标轴上分解为分力 F_x 和 F_y 。从图上可以看出：四个水平分力 F_x 大小相等，方向相反，故相互抵销；而四个垂直方向的分力 F_y ，则大小相等方向相同，故相加为 $4F_y$ ，构成沿轴 y 方向的总惯性力 $P_{惯}$ 。

$$P_{惯} = 4F_y = 4F \cos \alpha = 4mr\omega^2 \cos \alpha$$

此力是偏转角 α 的周期函数，因为在角速度不变时，角 α 等于 ωt ，则惯性力 $P_{惯}$ 是时间的周期函数： $P_{惯} = 4mr\omega^2 \cos \omega t$

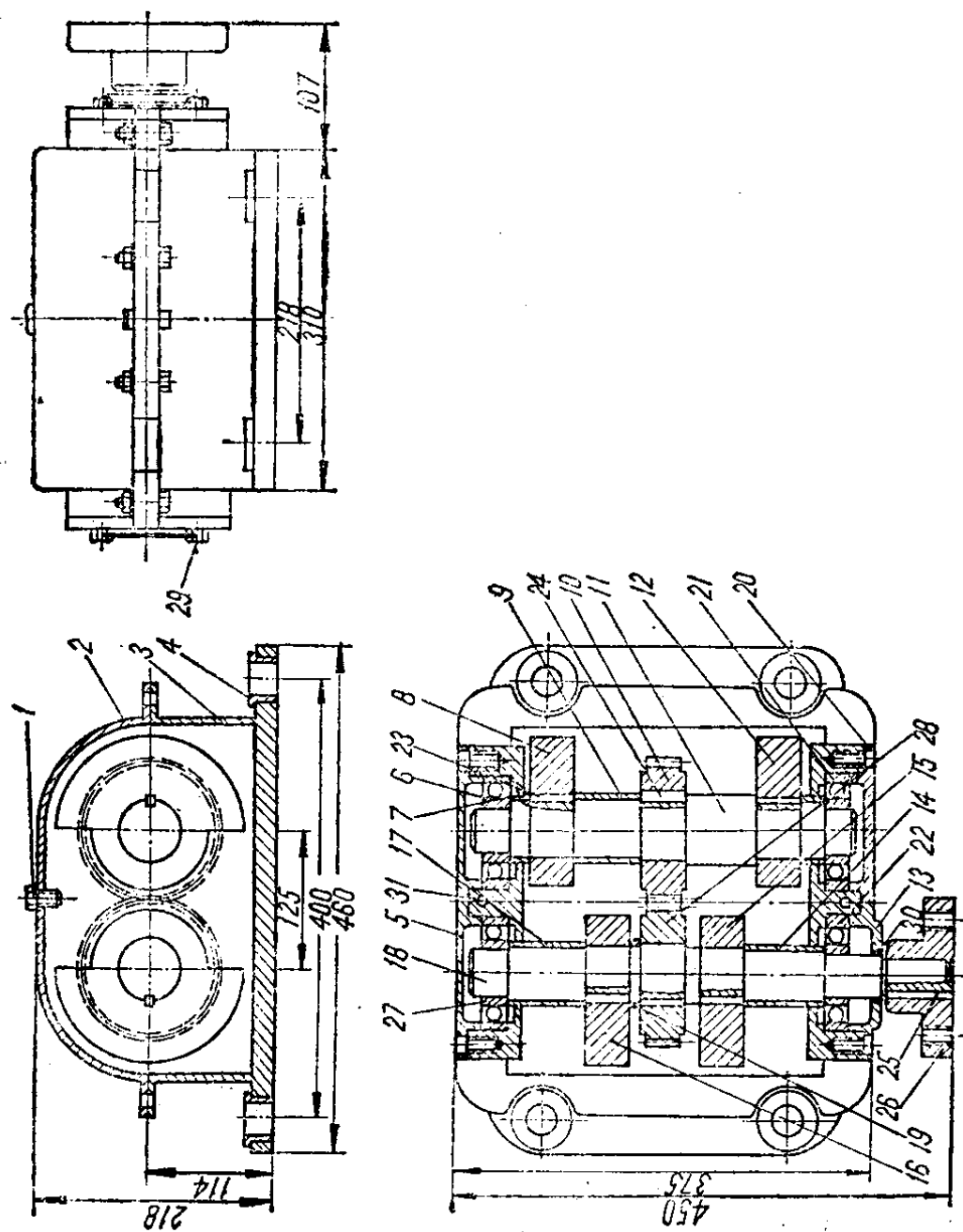


图 1-3 振动器总图

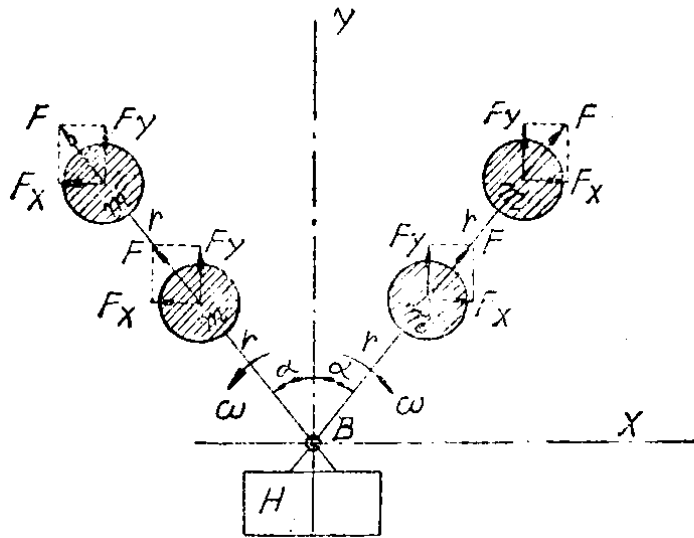


图 1-4 定向作用自平衡振动器工作原理示意图
(四个不平衡质量假定系于一根轴上)

当惯性力 $P_{惯}$ 等于 $4mr\omega^2$ 的最大值时，叫作不平衡转子的惯性力高峰值。 $P_{惯}$ 的值按余弦规律变化。这样自平衡振动器的惯性力的大小按谐振规律变化，而此力的方向永远与 y 轴相一致，所以这种振动器叫做“定向作用自平衡振动器”。不平衡转子的惯性力 $P_{惯}$ 通过支点 B 传给物体 H ，由于振动器的工作机构与此物体相连接着，处理对象在惯性力 $P_{惯}$ 的作用下与车底分离脱落，达到清理矿车的目的。

(三) 电力自动高频振动清车机主要参数计算

1. 惯性力的计算

从以上振动原理得知：在高频振动机中之所以产生定向作用的惯性力 $P_{惯}$ ，主要是靠振动器来产生，此惯性力的大小计算，首先必须考虑能破坏粘附层时所需力的大小，然后再确定振动清车机的合理抗力 $P_{抗}$ 。振动器所产生的惯性力为：

$$P_{惯} = 4F_y = 4F\cos\alpha = 4mr\omega^2\cos\omega t$$

高频振动器的不平衡转子惯性力，按高峰值来考虑即：

$$P_{\text{惯}} = 4mr\omega^2$$

式中 r ——偏心叶轮不平衡部分的偏心距，
 m ——偏心叶轮不平衡部分的不平衡质量，
 ω ——不平衡转子的不平衡质量的角速度；

$$m = \frac{G}{g}$$

式中 g ——重力加速度为980厘米/秒²，
 G ——偏心叶轮不平衡部分的不平衡重量；

$$G = F \cdot b \cdot \alpha = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{8} \cdot b \cdot \alpha$$

式中 F ——偏心叶轮不平衡部分的面积，
 D ——偏心叶轮最大直径为17厘米，
 d ——偏心叶轮最小直径为10厘米，
 b ——偏心叶轮的厚度为4厘米，
 α ——偏心叶轮的比重为0.0078公斤/厘米³。

见图1-5。

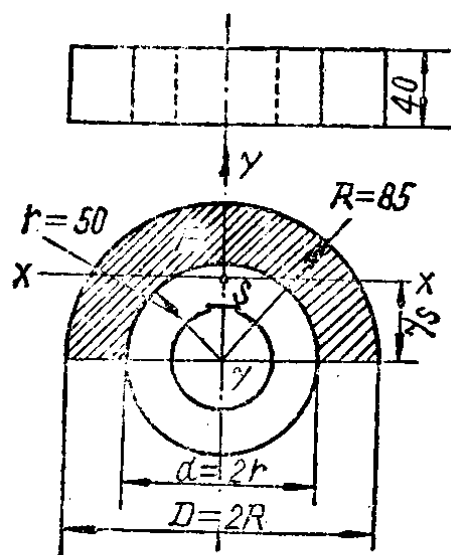


图 1-5 振动器偏心叶轮规格尺寸示意图

$$G = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{8} \cdot b \cdot \alpha =$$

$$\frac{3.14(17^2 - 10^2)}{8} \times$$

$$4 \times 0.0078 = 2.315(\text{公斤})$$

$$m = \frac{G}{g} = \frac{2.315}{980} = 0.00236$$

$$\frac{\text{公斤} \cdot \text{秒}^2}{\text{厘米}}$$

重心 S 到偏心叶轮轴心的距离

为:

$$y_s = r = \frac{2(D^2 + Dd + d^2)}{3\pi(D + d)} = \frac{2(17^2 + 17 \times 10 + 10^2)}{3 \times 3.14(17 + 10)}$$

$$= \frac{1118}{254.34} = 4.4(\text{厘米})$$

偏心叶轮的动力矩为:

$$G \cdot r = 2.315 \text{ 公斤} \times 4.4 \text{ 厘米} = 10.186 \text{ 公斤厘米}$$

角速度:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3.14 \times 1450}{30} = 152(1/\text{秒})$$

式中 n ——偏心叶轮不平衡转子的转数为1450转/分。

$$\text{即 } P_{\text{惯}} = 4mr\omega^2 = 4 \times 0.0023 \times 4.4 \times 152^2 = 960 (\text{公斤})$$

2. 压缩弹簧的计算

根据以上计算出来的振动器所产生的惯性力为960公斤, 每台振动器上共有四个压缩弹簧, 所以每根压缩弹簧承受的振动载荷为:

$$Q = \frac{960}{4} = 240 (\text{公斤})$$

根据此力来设计, 考虑振动器上的每根压缩弹簧的规格尺寸。

图 1-6 是一根自由状态的压缩弹簧, 上面小的三角形叫做“负荷变形图”。纵轴代表负荷 P , 横轴代表变形 F , 而斜边表示负荷和变形的关系。本图的斜边为一直线, 它的含义是:

(1) 弹簧在自由状态时,

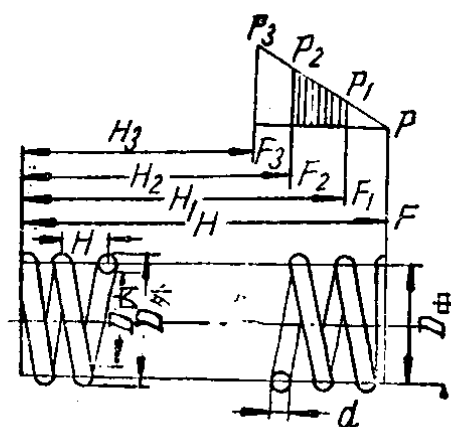


图 1-6 压缩弹簧工作图

压力 $P = 0$ ，变形 $F = 0$ ，弹簧自由高度为 H 。

(2) 当受最小工作负荷 P_1 时，就缩短了一段距离，即变形为 F_1 ，这时相应的弹簧高度是 H_1 。

(3) 继续施加压力到最大工作负荷 P_2 ，变形也继续增大为 F_2 ，弹簧高度也变为 H_2 ，而这根弹簧一般情况是在 P_1 和 P_2 负荷下工作。

(4) 但弹簧的强度并不受到 P_2 为止，而是被压缩到比 P_2 还大 25% 以上的压力，叫做“允许极限负荷”，用 P_3 表示，即 $P_3 > 1.25P_2$ ，这时相应的弹簧高度是 H_3 。

允许极限负荷的意义是在负荷下，弹簧所产生的内应力已达到了允许扭转极限应力 τ ，如果长时间超过这限度，弹簧就发生永久变形。

一般的压缩弹簧，当它的自由高度不受限制时，应将极限负荷 P_3 作为弹簧圈相接触的压力，这时在 P_3 下的单圈变形量等于间距即：

$$f_3 = \delta > 0.1d$$

根据上述原理和每根弹簧承受 240 公斤振动载荷来考虑选用：

- (1) 60 硅锰弹簧钢丝，按 I 级振动负荷考虑。
- (2) 钢丝直径 $d = 10$ 毫米。
- (3) 工作圈数 $n = 10$ 圈。
- (4) 压缩弹簧内径 $D_{内} = 30$ 毫米；
中径 $D_{中} = 40$ 毫米；
外径 $D_{外} = 50$ 毫米。
- (5) 压缩弹簧旋向为右向。
- (6) 剪切弹性模数 $G = 8000$ 公斤/毫米²。
- (7) 压缩弹簧自由长度 $H = 168$ 毫米。

压缩弹簧承受 240 公斤振动载荷时的扭转应力为:

$$\tau_0 = K \frac{8PD_{\text{中}}}{\pi d^3}$$

式中 弹簧指数: $C = \frac{D_{\text{中}}}{d} = \frac{40}{10} = 4$

曲度系数: $K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = 1.4$

即 $\tau_0 = K \frac{8PD_{\text{中}}}{\pi d^3} = 1.4 \frac{8 \times 240 \times 40}{3.14 \times 10^3}$
 $= 34.1 \text{ 公斤/毫米}^2$

在动载荷 $P = 240$ 公斤力的作用下变形为:

$$F = \frac{8PD_{\text{中}}^3 n}{Gd^4} = \frac{8 \times 240 \times 40^3 \times 10}{8000 \times 10^4}$$

$$= 15.36 \text{ (毫米)}$$

查表得 60 硅锰弹簧钢丝受振动载荷的允许扭转工作应力 $[\tau] = 45 \text{ 公斤/毫米}^2$ 。现求得的扭转应力 $\tau_0 = 34.1 \text{ 公斤/毫米}^2$ 小于 45 公斤/毫米^2 。所以可以长期在 $P = 240$ 公斤力的振动载荷作用下工作。

允许扭转工作应力的最大变形量为:

$$F_2 = \frac{\pi D_{\text{中}}^2 n}{GdK} [\tau] = \frac{3.1416 \times 40^2 \times 10}{8000 \times 10 \times 1.4} \times 45$$

$$= 20.2 \text{ 毫米}$$

通过计算得知: 当 $[\tau] = 45 \text{ 公斤/毫米}^2$ 时, 最大变形量为 20.2 毫米, 比受动载荷 $P = 240$ 公斤时变形量 15.13 毫米大, 所以工作是安全的。

现选用的 60 硅锰钢丝做成的压缩弹簧: $d = 10$ 毫米, $D_{\text{中}} = 40$ 毫米, 所承受的最大负荷 P_2 为: