

等天然腐植酸类物质及其制剂——腐植酸系树脂做净化材料，应用于重金属废水处理的实验研究工作，虽然仅有几年的历史，但其进展十分迅速，已从小试研究阶段进入中试研究阶段，并获得了可喜的效果。主要研究趋向有二：一是，将腐植酸类物质中填加一定量的粘合剂（羧甲基纤维素、褐藻酸钠、木质素磺酸盐，聚乙烯醇等）加工成腐植酸系树脂，用过滤柱或吸附塔式设备，应用于废水处理。二是，将天然腐植酸类物质的粉剂，直接应用于生产。但对后者的研究较少。

经我们实验证实，在直接使用腐植酸类物质粉剂时，只要能妥善地解决过滤问题，对金属离子仍可达到很高的去除效果。以镉为例，其出水浓度可降至 0.01—0.03 毫克/升之间。我们在煤粉再生、硫化镉沉淀溶解时，采用硫酸使其生成硫酸镉，返回物料用于再生。溶解硫化镉沉淀产生的硫化氢废气，通入未经处理的含镉废水中，形成硫化镉沉淀减少硫化钠用量。这样，在处理过程中既不产生废气也不产生废渣。为经济有效地治理该厂的含镉废水，提供了有益的途径。

## 减震器在环境保护中的应用

吴熊勳

虞仁兴

(无锡市环境保护办公室)

(无锡减震器厂)

### 一、振动的危害、评价与防治

众所周知，火山爆发、地震等这类自然灾害引起振动的危害是极大的，目前尚无积极有效的方法加以制止。现在环境保护中所研究的振动污染主要是工业、交通部门中使用的机械所产生的振动对环境和人的影响。它不仅造成产品质量的低劣，设备、仪表、建筑物等的损坏，还直接对人产生如烦恼、头晕、痛苦感，疲劳和降低工效等有害作用。而振动是通过皮肤和内脏器官感觉到的，随振动频率和方向的不同而变化。

国际标准化机构曾规定了不同振幅和频率下人能工作的时间界限。后来又提出了 1—100 赫振动频率和加速度(有效值)之间关系的等效疲劳——效率降低曲线，作为振动环境中暴露基准。有人根据振动强度\*和主观感觉的关系划分了一些直观界限：振动强度 5 帕耳时稍觉振动；10 帕耳时明显感到振动，定为住房持续振动的允许值；20 帕耳时定为持续时间不长的偶然的稀有振动的允许值；

25 帕耳时相当于地铁车厢内的振动；30 帕耳时相当于电车上的振动；40 帕耳时人开始感到不舒服；50 帕耳时人感到普遍不适，相当于船上或公共汽车中颠簸最大时的振动；70 帕耳时普遍感到疼痛或晕船。日本研究了振动台上人立着和坐着时的感觉，并使用类似声学中等响线的方法，测定了与频率为 20 赫时的振动具有相同感觉的各种频率的振动加速度级，作出正弦振动和随机振动的等振感曲线，表示不同频率下产生相同感觉的振动加速度曲线。有人把人体作为一个机械系统，研究了低频振动下人体各部位的谐振效应。

关于振动污染的环境标准目前国内尚待制定。日本东京根据实地调查，制订了以  $db^*$  表示的振动污染的环境标准。神奈川等六个县则根据振动速度制订了环境标准。

振动污染有其自身特点，因此防治方法

\* 振动强度(帕耳  $pal$ )  $P1 = 01g \frac{S_1}{S_0}$ ，其中  $S_1$  为作用强度 ( $kg/m^2$ )， $S_0$  为感觉阈上强度等于  $0.312kg/m^2$ 。  
\*  $db = 10^{-3}cm/s^2$  (基准振动加速度值)。

是多种多样的。但不外乎积极的(主动)和消极的(被动)两大类。

## 二、减震器工作原理

减震器有金属橡胶、金属弹簧等各种类型，但在力学分析中均可视为一弹性支承。积极减震是在振源上安装减震器，和地基隔离以减少传播；消极减震是在某些设备或设施上安装减震器，将其与地基隔离以减少周围振源的影响。

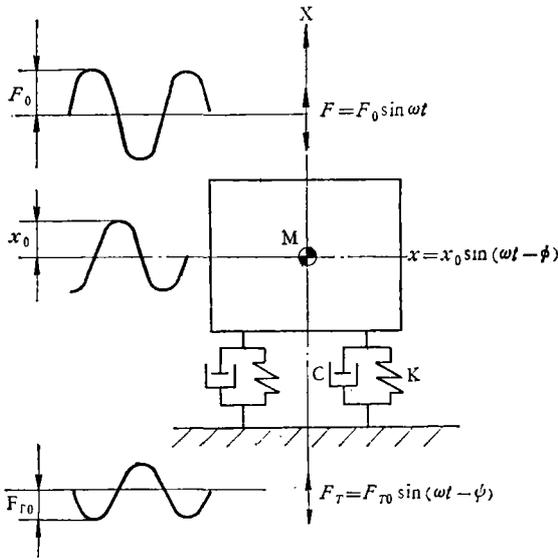


图1 积极减振模拟图

图1是一振动机械装以减震器的积极减振模拟图。假定被减振的设备和弹性支承(减震器)相比,可认为前者是只有质量(\$M\$)而没有弹性的刚体,后者只有弹性(刚度 \$K\$)和阻尼(阻尼系数 \$C\$)而质量可忽略不计。其振源是机械本身的激振力 \$F = F\_0 \sin \omega t\$ (通常是旋转机械,按正弦变化的简谐振动)。物体的运动微分方程式为:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + C \frac{dx}{dt} + Kx = F_0 \sin \omega t$$

式中: \$M\$——物体(设备包括基础等)的质量(公斤·秒<sup>2</sup>/厘米)

\$C\$——减震器阻尼系数(公斤·秒/厘

米),其阻尼力与运动速度成正比,与运动方向相反

\$K\$——减震器的刚度(公斤/厘米)

\$F\_0\$——最大激振力即激振力的幅值(公斤)

\$\omega\$——激振频率(弧度/秒)

对于工程实践中最常遇到的具有少量有限阻尼的强迫振动,其式为

$$x = x_0 \sin(\omega t - \phi)$$

式中 \$x\_0\$ 和 \$\phi\$ 相应为振动幅值及相角。将 \$x\$ 的一次、二次导数代入得

$$x_0 = \frac{F_0/K}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}}$$

$$\phi = \text{tg}^{-1} \frac{2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}$$

其中 \$\omega\_n = \sqrt{\frac{K}{M}}\$ 为减震器系统的固有频率, \$C\_c = 2M\omega\_n\$ 为减震系统的临界阻尼。在这种有阻尼的情况下,传给地基的力 \$F\_T\$ 由两部分组成:一部分通过减震器弹性传递的力 \$Kx\$;一部分通过减震器阻尼传递的力 \$C\omega x\$。因为弹性力与位移成正比,而阻尼力与速度成正比,所以两者之间相差一个相角, \$F\_T\$ 应为矢量和。

$$F_T = \sqrt{(Kx)^2 + (C\omega x)^2} \\ = F_{T0} \sin(\omega t - \phi)$$

最大值为

$$F_{T0} = \sqrt{(Kx_0)^2 + (C\omega x_0)^2} \\ = x_0 \sqrt{K^2 + (C\omega)^2}$$

$$= F_0 \sqrt{\frac{1 + \left[2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}}$$

$$\phi = \text{tg}^{-1} \frac{2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^3}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + \left[2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}$$

即

$$T = \frac{F_{T_0}}{F_0} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\left(\frac{C}{C_c}\right)\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}}$$

$T$  称为传递系数。  $T$  越大, 减振效果越小, 因此把  $(1 - T)$  称为减振系数。

消极减振时, 只要把地基的运动

$$u = u_0 \sin \omega t$$

考虑进去, 同样可推出被减振设备的振幅  $x_0$  与地基振源的振幅  $u_0$  的比值表示式, 称为消极减振中振幅传递系数, 表达式和  $T$  完全相同。通过计算得图2。由图2可知, 对减震器来讲, 在选用减震器时应兼顾这两种矛盾情况。

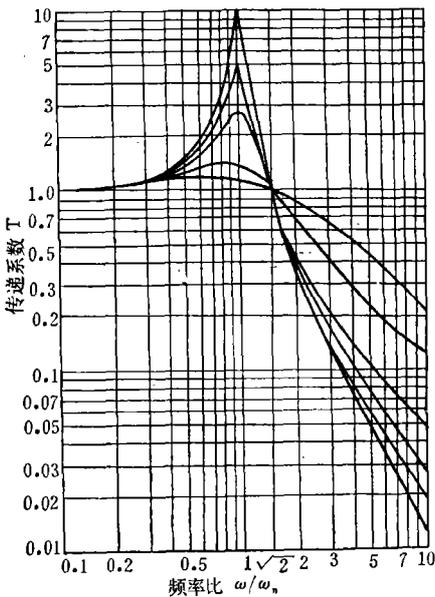


图2 传递系数 ( $T$ ) 与频率比 ( $\frac{\omega}{\omega_n}$ )

对应各种阻尼比 ( $\frac{C}{C_c}$ ) 的关系

1. 无论阻尼大小, 只要满足  $\frac{\omega}{\omega_n} > \sqrt{2}$  时才有减振效果。这值越大, 减振效果越好。实际应用中取  $\frac{\omega}{\omega_n} = 2.5-5$  已足够了。

2. 增大阻尼可减少机器在启动和停止过

程中经过共振区时振动的振幅。但在  $\frac{\omega}{\omega_n} > \sqrt{2}$  的范围内, 使  $T$  也增大, 即减振效果相应降低。

声音是物体振动的传布, 所以, 可以想像, 通过减振也可起到一些降噪作用。但固体噪声的机理十分复杂, 所以在减振和降噪之间没有简单的量的关系。从降噪作用选用减震器时, 因声频  $> 20$  赫, 所以其固有频率

$$\omega_n \ll \frac{20}{0.5} = 8 \text{ 赫}$$

也就可以了。我厂生产的 JG 型和 Z 型金属橡胶减震器作为减振降噪元件是较合宜的。

### 三、减震器的应用和效果

随着多层厂房的日益普遍, 安装在楼面上的设备所带来的振动和噪声也日益严重。上海某厂的四层楼厂房, 一台较小的循环水泵未采用减振措施, 厂房使用后, 空调设备的噪声几乎影响整个大楼。后来采用混凝土减振台座, 下设四只 JG<sub>3</sub> 型减震器, 效果很好。又如无锡某厂, 楼房下为水库, 底层楼面安装卧式大容量水泵若干台, 楼上为办公室和宿舍。开动水泵引起的振动和噪声严重影响工作和休息, 使楼板出现裂缝。后相继采用了 JG<sub>3</sub> 和 Z-3 型减震器, 减振效果达 80% 以上, 噪声也相应降低。对于地面设备的应用则更为广泛。某单位研制转子发动机, 经常在试验台上对发动机进行试验和测定。由于转速高, 振动频率和噪声也高, 原有的防振沟效果不大。操作人员手脚感到发麻, 测试仪表失灵, 感应头经常振坏, 墙壁发生裂缝。后采用水泥基础台下安装四只 Z-5 型减震器, 重新设计试验房, 采用吸声材料等措施, 减振效果 90% 以上, 噪声也大为改善。

综上所述, 减振和降噪有一定关系。只要减震器选择适当, 安装合理, 其减振效果可达 80—90%, 同时可以减少由振动激发产生的固体噪声。