

358463

成都工学院图书馆

基本馆藏

振动建筑机械

[苏联] E. П. 米克拉謝夫斯基 著
H. Ф. 麦利古諾夫

徐 慎 初 譯



中国工业出版社

45

振动建筑机械

〔苏联〕 E·И·米克拉謝夫斯基 著
H·Φ·麦利古諾夫

徐 慎 初 译

中国工业出版社

本书簡要地敘述了采用振动、冲击建筑机械的作用原理、构造和使用，同时也从理論上对这种类型的机械作了說明。

本书可供建筑界工程技術人員，以及高等和中等专业学校师生参考。

Е. П. Миклашевский Н. Ф. Мельгунов
**ВИБРАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАШИНЫ**

ВСЕСОЮЗНОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФТЕХИЗДАТ
Москва—1960

* * *

振动建筑机械
徐慎初 譯

*

建筑工程部图书編輯部編輯(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092 $\frac{1}{2}$ ·印張4 $\frac{1}{16}$ ·字数84,000

1964年10月北京第一版·1964年10月北京第一次印刷

印数0001—5,710·定价(科六)0.50元

*

統一书号: 15165·3327(建工-398)

序 言

振动是一种頻繁的、幅度不大的机械波动。振动是材料加工和建筑施工所采用的一系列新方法的基础。

在建筑业中利用振动，使被振动的材料获得新的性质：由于振动作用，将大大减弱材料顆粒之間和材料与其它掺入物之間的摩擦力。减小摩擦力的这种效果，也經常在采用振动所完成的工艺过程中利用。

約在30年以前，在生产的条件下，在混凝土工程方面，首先利用振动。利用振动使干硬性混凝土得到很好的密实；此外，振动具有很大的經濟效果，可以減輕混凝土工人的劳动。

振动方法不仅可以密实混凝土，也可以密实各种土壤。在密实回填土工程上，已开始用振动的建筑机械代替夯土机和压路机。

在苏联，远在卫国战争以前，开始用振动法来打桩。振动减少了桩和土壤之間的摩擦，并使桩很快地沉入。利用振动法打入鋼板桩非常成功。在地质勘察的凿井工作中，也已开始利用振动。振动钻机可以从凿井中取出与整体結構相近的土壤結構試样。

現在破碎和篩分材料的机器、攪拌机、运输松散性材料的装置和一系列其它的建筑机械，都有效地利用了振动。在建筑业的某些部門，振动还刚开始掌握，但毫無疑問，今后将会收到很大的效果。

目 录

序 言

第一章 机械的摆动和振动	1
摆动过程	1
振动的来源	11
振动的作用	22
第二章 振动机械结构的型式和主要元件	31
机械的型式	31
振动机械构成的元件	33
减震	42
第三章 混凝土振动器	46
混凝土的捣实	46
整体混凝土用的振动器	48
制造装配式钢筋混凝土构件用的振动器	63
第四章 土方压实机械	75
土壤的压实	75
表面振动压实机械	78
土方用的插入式振动器	83
第五章 沉桩用的振动机具和地质勘探 所采用的振动机构	86
沉桩和沉管	86
振动沉桩机	89
振动打桩机	96
第六章 振动在其它场合的应用	100
给料机和输送机	100
材料的磨细和筛分	110
振动技术应用的远景	121
参考文献	126

第一章

机械的摆动和振动

摆动过程

摆动的过程 (或简称为摆动) 是这样的一种过程, 即在該过程中表示它的特性的物理量具有从小到大和从大到小相互交替改变的性质。气温的日夜波动, 就是这种过程的例子: 白天温度升高, 晚上温度下降。

假如摆动是一种机械运动——某种物体的位移, 那么就必然是一个机械的摆动过程或机械的摆动。某些用来判定物体空間位置的数值, 譬如物体离任一不动点或軸綫的距离和回轉角度, 就可能是表征机械摆动的物理量。物理量的导数, 就得到瞬时改变的运动速度和加速度。

当表征振动过程的物理量的全部数值, 經相同的时间間隔而不断重复时, 該摆动被认为是周期性的, 而該时间間隔被称为摆动的周期。

单摆的摆动是一种人所共知的很普遍的周期摆动运动 (图 1)。单摆的每一点都以悬挂点为中心作弧綫运动。单摆在空間的位置, 运动的速度和加速度每时每刻都在变化着。这些变化有一定的規律, 并且是周期性的。

从物理学中知道, 当摆动角不大时, 数学摆^①的摆动周

① 借助于不能伸长的和沒有重量的綫悬挂到固定点上, 并在垂直平面内运动的重物称为数学摆。这时重物本身考虑成为一个有重量的材料质点。

期可按下列公式确定:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

式中 T ——周期(秒);

l ——长度(厘米);

g ——重力加速度(厘米/秒²)。

与周期成反比的量被称为摆动频率:

$$f = \frac{1}{T} \text{ 次/秒}$$

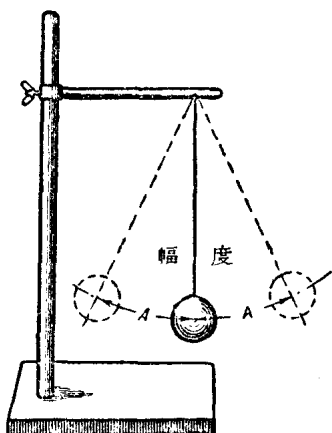


图1 振动时单摆的位置

频率 f 表示在单位时间内(一秒钟)振动多少次。有时摆动的频率以赫芝表示。当一秒钟完成一次摆动时就称该摆动过程具有一个赫芝的频率。

当研究振动,特别是与回轉相連系的振动时,常常利用角频率 ω 的概念。角频率等于每 2π 秒内完成的振动次数。所以比 f 大 2π 倍。假如在机械周期振动过程

中,物体沿圆周运动,那么振动角频率 ω 在数值上与物体沿圆周运动的角速度重合。

在技术上遇到各种频率的机械振动。有时振动周期长到几秒钟甚至更多,而在另一些情况下,一秒钟内会发生几十次、几百次或者几千次的振动。

幅度和振幅是振动的重要参数。振动的物体从一个边缘

位置到另一个边缘位置所经过的路程，被称为幅度。物体在这一边或那一边离静止位置的最大偏移量被称为振幅 A 。振动物体沿着圆周运动时，振动的振幅等于该圆周的半径，而幅度等于圆周的直径。

至于有什么样的参数的摆动才能称为振动的問題，并没有严格的定义。在建筑机械方面具有較大的频率(經常是大于 $4 \sim 6$ 次/秒)和不大的振幅(經常是小于 10 毫米)的摆动都被称之为振动。較經常采用的振动是具有 $10 \sim 100$ 次/秒的频率和从 10 到十分之一毫米的振幅。

知道了振动的频率和振幅，就能够了解振动的强度，以及振动时产生的速度和加速度。关于振动强度的問題，下面将詳細討論。

振动經常是周期性的运动，但是不同形式的振动在一个周期內运动速度的改变情况可能是不一样的。

在振动建筑机械中，振动是由专门的部件——振动子所产生，在设计振动子时，可以提出一定的振动形式，一定的振动速度改变规律，而在实际上得到那种情况下所必需的振动运动。

为了进一步弄清楚与振动的形式有关的问题，应该考虑振动参数如何随着时间而改变。

假如在单摆的末端装上一个记录仪(铅笔或钢笔尖)，并将振动记录在位于单摆下面圆柱体表面的紙上(图 2, a) 那末我们将得到其长度等于笔尖摆动幅度的綫段，这样的记录不大說明問題。假如在单摆摆动的时候，向垂直于单摆摆动平面的方向等速移动紙条，那我们得到的记录是很有趣的(图 2, b)。在紙上将得到一条振动曲线。沿纵向軸綫根据紙运动的速度以一定的比例标上时间，而沿横軸記下单摆离平

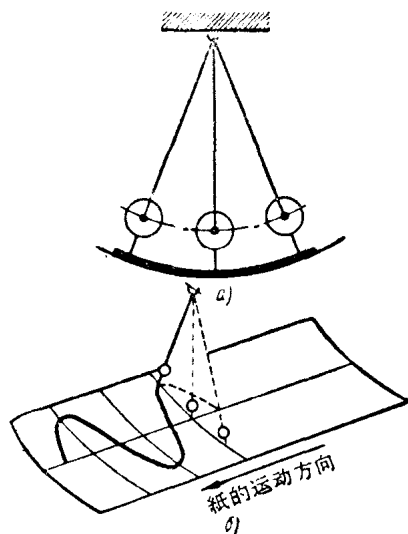


图2 簡諧振动的記錄

衡位置偏移的真正数值，所得到的这条圓滑的曲綫(图2,6)，我們就称它为簡諧振动曲綫或正弦振动曲綫。

所得的曲綫表示单摆离平衡位置的偏移随時間变化的特性。曲綫的頂点相应为单摆的极限位置。沿横軸两頂点間的距离为二倍的振幅。同各頂点間的距离为振动周期。曲綫与纵軸(時間軸)的交点为单摆通过平衡位置的时间。我們把平衡位置右边的位移作为正，左边的为負（假如沿紙运动的方向看），相应于曲綫的坐标在軸上为正，軸下为負。

单摆的微小振动之所以被认为是簡諧的或正弦的，是因为单摆随時間的位移与正弦的時間綫函数成正比，而所得到的振动曲綫是正弦曲綫，即正弦量的改变依赖于正弦所取的角度。

簡諧振動在振動建築機械中很普遍。

M 點以半徑 A 和不变的角速度 ω 作圓周運動，假如我們沿一條直線將該點的位移投影在垂直軸上，我們將會得到該點沿該直線的簡諧振動(圖 3)。

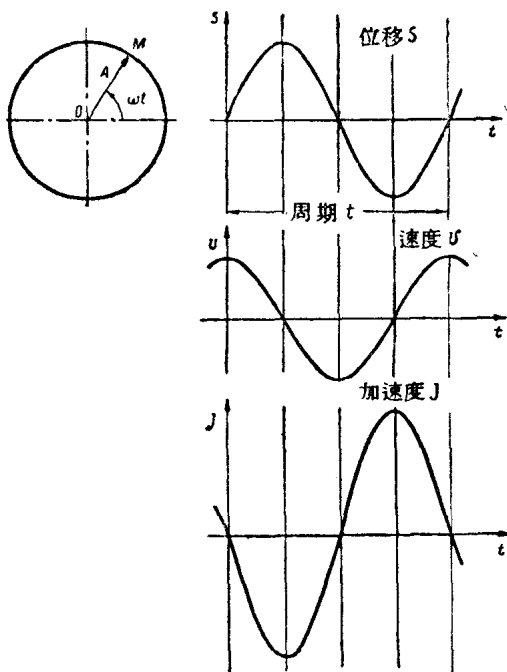


圖 3 簡諧振動時參數的變化

M 點每一時刻在垂直軸上的投影以坐標 s 確定，其值可按下列公式計算：

$$s = A \sin \omega t$$

ωt 的乘積是時間的綫形函數。半徑 OM 的長度為 A ，方向從 O 點到 M 點，該半徑被稱為半徑向量。當用向量表示直

綫簡諧振動時，角頻率的概念與圓周振動時一樣具有物理意義。角頻率在數值上等於半徑向量回轉的角速度，角頻率用每秒的弧度^①來表示(1/秒)。

根據單擺或振動質點的位移曲綫可以得到振動的速度和加速度。

很顯然，在擺動的極限位置，速度下降為零，並隨之改變符號，而單擺經過平衡位置時，達到最大的正值或負值。象位移一樣，我們也是把從左向右運動的速度作為正，從右向左作為負。速度隨時間改變的曲綫在形式上與位移的曲綫是一樣的，但是沿時間軸移動四分之一周期。

從速度變化的曲綫可以轉換到加速度變化的曲綫。當正速度減小，接着轉為負值和負速度增大時，加速度就變為負值。當速度曲綫从上向下經過零點時，得到負加速度的最大值，然後它就逐漸減小直到振動速度達到最大的負值時將轉為正值。這樣加速度也同樣得到正弦形式的曲綫，只是比速度要移動四分之一周期。

加速度曲綫沿時間軸相對於位移曲綫移動半个周期。所以當位移是正值時，加速度就是負的，或者反之。

簡諧振動時各參數之間有以下的關係：

$$\text{位移 } s = A \sin \omega t;$$

$$\text{速度 } v = A \omega \cos \omega t;$$

$$\text{加速度 } j = -A \omega^2 \sin \omega t。$$

假如這些公式中，包含在它里面的三角函數採用極限值，可得到最大的位移、速度和加速度。那末

$$s_{\text{最大}} = A; v_{\text{最大}} = A \omega; j_{\text{最大}} = A \omega^2。$$

① 弧度——與圓弧相應的中心角，它的弧長等於圓弧半徑，弧度的大小，大約等於 $57^{\circ}17'45''$ 。

式中最大速度和加速度用振幅和頻率表达，因此最大振动速度 $A\omega$ 或者最大振动加速度 $A\omega^2$ ，在很多情况下，作为标志振动强度的量。有时振动强度用振幅和振动頻率导出的量来表示之。

在振动建筑机械中，不仅仅是簡諧振动。任何周期波动运动的全部特性由振幅、頻率和波动的位移曲綫形式給出之。

振动分为自由振动和强迫振动。

当把物体从平衡位置引开时，便产生一种使物体經常力求恢复到平衡位置的力量，这就产生自由振动。这个力量称为恢复力。冲量把物体从平衡位置引出，就是說冲量給物体以初速度或者位移。从振动开始时刻起，冲量就停止作用。

单摆的振动或者悬挂在彈簧上的物体的振动可以作为自由振动的例子。在第一种情况，重力作为恢复力，在第二种情况，重力作为彈簧的彈性力。沒有阻力时，自由振动的頻率仅与振动系統的性质有关。引起自由振动的冲量的大小不影响它們的頻率。自由振动的振幅在这种情况下是常量，不但与振动系統的性质有关，而且决定于起始冲量。

在实际情况中，总是有若干阻力作用在振动物体上（单摆軸的支座摩擦力，空气阻力）。有阻力存在，自由振动的頻率比沒有阻力的振动要小一些，而振幅随着時間逐漸减少，振动很快就停止了。

在技术上，意义最大的是具有彈性恢复力的自由振动。

彈性联系，例如彈簧，以剛度 C 表达之。它表明为了使彈簧产生单位长度的变形所必須作用到联系件上的力量。剛度用公斤/厘米表示。

假如已知物体质量 M 和彈性关系的剛度 C ，那末自由振动的角頻率 λ 由下式决定：

$$\lambda = \sqrt{\frac{C}{M}} \frac{1}{\text{秒}}$$

角频率除以 2π ，我們得到以每秒钟振动次数来表示的频率值。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{M}} \text{次/秒}$$

在机器的弹性构件内发生的自由振动，通常不能用来作有效功。但是知道自由振动的频率具有很大的实际意义：它给予了这样的可能性，即避免由于所谓共振所产生的自由振动的不利影响。这个问题将在下面叙述。

周期力引起了振动建筑机械工作机构的振动。这样的力称为激动力，而由它引起的振动则称为强迫振动。在强迫振动所有时间内，激动力不会停止它自己的作用。

由周期激动力引起的简谐的强迫振动，在周期之内按照简谐定律不断地改变它的量。强迫振动的周期等于激动力的周期。

为了产生强迫振动，不要有恢复力存在。

和强迫振动开始的同时，也产生自由振动。由于自由振动的频率通常不和激动力的频率重合，因而在强迫振动开始时产生的自由振动很快就会停止，此时只有强迫振动具有实际意义。

当激动力的频率和自由振动频率重合或者接近时，却是另一种样子。在这种情况下，好象产生了物体的渐进摆动一样，振幅很快升高，它可以达到很大的数值。这种现象称为共振。假如对共振的可能性不予考虑，可以使振动机械损坏或者在工作中发生严重的毛病；当巧妙地利用共振时，可能创造更经济的振动建筑机械的结构。

在振动机械中可以有二类振动——定向的和椭圆的；后者在部分情况下可能成为圆形的。

定向振动时，物体沿一直线往复运动：活塞在汽缸内的运动是这样，悬挂在弹簧上的重物振动也是这样。

圆形振动时，物体所有的质点沿圆周运动，它的半径等于振幅。例如筛网的外壳装在曲轴的偏心轴颈上(图4)的振动筛，所作的振动即为圆形振动。振动筛各个质点将要沿着半径等于偏心距 e 的圆周作圆形振动。

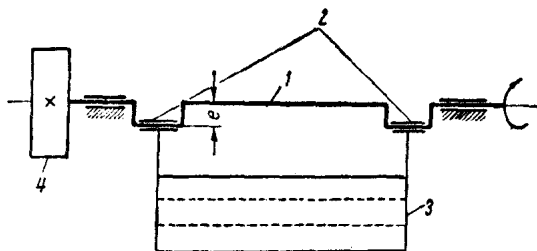


图4 偏心筛示意图

1—轴；2—偏心轴颈；3—带筛子的外壳；4—皮带轮。

对建筑机械的最新研究表明，施加予被处理物体的最好不是某一个单纯频率的振动，而是若干频率同时起作用的振动。这种新的振动称为多频率振动。它们的作用比单个频率的振动，或者各种频率一个跟着一个依次作用的振动更强烈。

在有些建筑机械中，振动是与打击结合使用的。机器的振动部分和机器本身其它某个部分和机器本身的其它某个部分或者与被加工的物体接近，并进行一次打击。接着振动还继续进行。在重新接近时又进行另一次打击。这种型式的机器称为振动打击式。在打击的瞬间，运动的速度得到急剧的

改变，从而产生相当大的力量，这力量和振动一起完成有效功。有这样一些建筑机械，它们仅仅用連續打击被处理材料的方法来作有效功。如机动鎗，机械打桩机即属于此类。单纯打击型式的机械，本书内不作叙述。

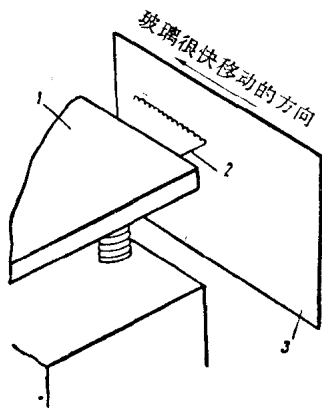


图5 振动台振动曲线最简单的测试方法

1—振动台；2—针；3—熏黑的玻璃。

当研究振动和打击机械工作时，用各种接收器和仪表来画下振动的形状，以及测量振幅和振动频率。简易的振动描繪接收器如图5所示。在振动物体上固定着针，它的尖头在熏黑了的玻璃上画下随着时间振动的痕迹。按照这个记录，可以判断振幅，但不能决定频率。

因为由于玻璃从针尖近旁移动的速度所决定的时间刻度是未知的。此外，这种接收

器仅仅适合于测量较大振幅的振动（从0.5毫米以上）。

记录机械振动的专门仪器——振动记录仪，用针或笔尖在专门的带条上记录振动。针在纸上划到复盖层，复盖层下露出鲜明颜色的纸。记录可以作成真实的大小，也可以放大若干倍。经过一定的时间间隔在专门仪器的带条上作出时间的记号。在这种情况下，不仅可以决定振幅，而且可以决定频率。BP-1 振动记录仪用得最广泛，它可以记录放大六倍的振动。

要最完善地研究振动可以借助于传感器，它把机械系数转换成电气的量。这些量进行放大以后送到专门的称为示

波器的精密仪表上。示波器可以在屏幕上观察到随着时间展开的振动过程，也可以在照相底片或照相纸上记录下来。现在，振动过程大都是借助示波器进行研究的。

振动的来源

机器总是具有运动的部分，一种是回轉运动，另一种是往复运动，还有一些作較复杂的运动。

力学的基本規律之一是：所有的物体，如果沒有任何力量作用在它上面，那末它始終保持靜止或者沿直綫(笔直地)等速(均匀地)运动^①。物体的这种性质称为慣性。

假如所研究的物体沿曲綫軌道运动，那就意味着在它的上面作用了某个力，迫使物体偏离直綫运动。物体运动速度的改变，同样只能用有迫使物体改变速度的力存在来解釋。

引起物体运动速度大小或方向改变的力，总是要克服物体的慣性，即改变它的运动速度大小或方向的阻力。这样，假如机器的一个零件利用力的作用，使得机器的另一个零件改变运动的方向或者速度，那末从第二个零件方面对第一个零件作用一个被称为慣性力的反方向的力。

从力学上已經知道，慣性力等于其速度正在改变的物体质量和运动加速度的乘积。而它的方向和加速度方向相反。

假如物体自左至右沿直綫运动(图 6)，它的速度均衡地增加，那末加速度 j 的方向同样自左至右，而慣性力的方向則相反。为了使物体具有加速度 j ，必須克服慣性力，就是說要附加一个大小等于慣性力，方向与之相反的力量。工人把这个力 F 作用到小車上，它本身利用手来承受与它相反

① 在物体上面沒有任何力量作用，圍繞自己的中心軸同样可以保持回轉。

的，在图 6 上用字母 F_u 表示的小車慣性力。

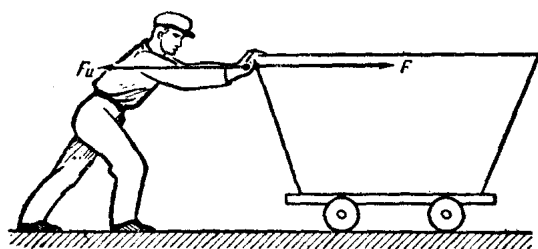


图 6 直线运动时的慣性力

当物体沿圆形轨道作平移^①时(图 7)加速度不是改变速度的大小，而是改变它的方向。从力学上知道，这个加速度的方向指向圆形轨道的中心，其大小等于圆形轨道半径 r 和

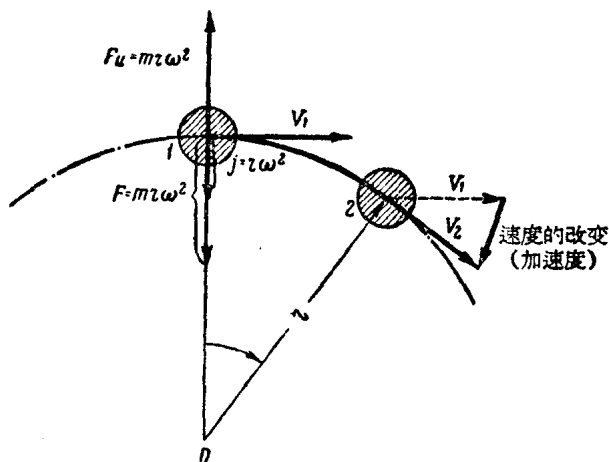


图 7 沿圆周均匀移动的慣性力

① 假如物体所有质点的速度大小和方向都相同。这种物体的运动称为平移。沿圆形轨道平移时，物体所有的质点都沿同一个半径 r 的圆周运动；物体不绕自己轴綫回轉。