

## 历史背景

即使在今天，世界上的一些地方仍然向几个世纪前一样使用手动冲击锤作为捣实模中混凝土的工具，与之相类似使用锤子来辅助物料流动。

用来分离玉米粒和玉米芯碎屑的筛子被认为是振动器的第一个工业应用，即第一个非人力驱动振动元件，如使用风能、水利等。

气动振动器是在本世纪初以直线活塞振动器或气动锤的形式进入实用的。仅仅几年以后，更简单的带有滚动球体或转子的旋转式振动器诞生。在过去的几十年中，这种设计从未有过改变；大多数制造厂生产的振动器的壳体仍然是铸铁材料，外表不经加工。

六十年代末，人们第一次用铝作壳体材料进行了试验。铝的加工很容易，也很干净。无论是加工的机床或是用户的手上都不会沾上砂模的砂。

铝具有所需的强度又不是硬得易产生裂纹。在铝的表面可以进行喷涂，所以可以对它进行现代工业设计。对于特殊环境下的应用，如制药工业等，壳体可以由不锈钢制成。

当今大量的工作都由振动器完成。她的主要应用是清空料斗、物料筛选、混凝土捣实以及沙、土及其它任何粉末或小颗粒并螺钉等的给料。在电子工业中也应用振动来检测印刷电路板的接点。

### 1.1 振动器分类

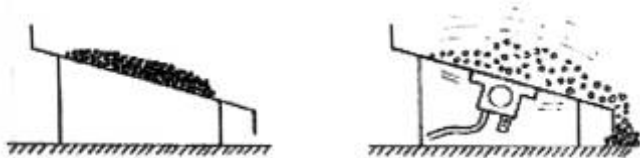
根据振动器所耗能的形式和工作原理，振动器可以总体地分为如下类型：

能源形式	技术形式
电动	旋转/直线/磁性
气动	旋转/直线
液动	旋转

### 1.2 关于气动振动器

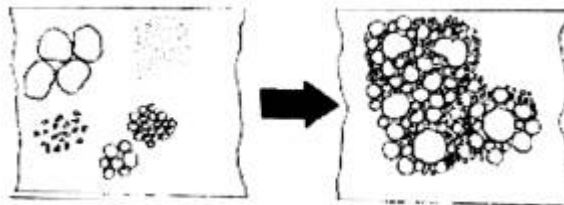
#### 1.2.1 振动适合于什么工作？

如前所述，在振动力的帮助下可以对任何类型的散料进行给料、捣实或分选操作。在大多数情况下，振动都对重力有“支持”作用。例如，由于水份的影响，散料可能在料斗中相互粘连，堵塞料斗。在这种情况下，振动可以将其打散，因而物料在重力作用下流出料斗。

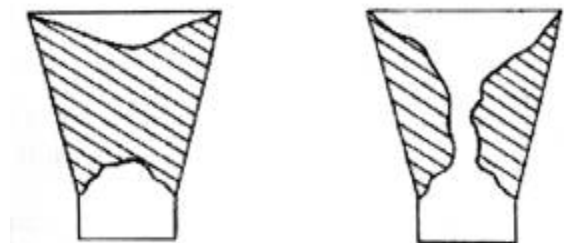


重力与振动

振动器的另一个应用是在混凝土方面。对混凝土进行振动也就是对沙和石子进行振动使它们达到最密实状态，从而去除中间气泡。在捣实的过程中，主要依靠重力，但振动会对此有帮助并可以极大改善其效果。



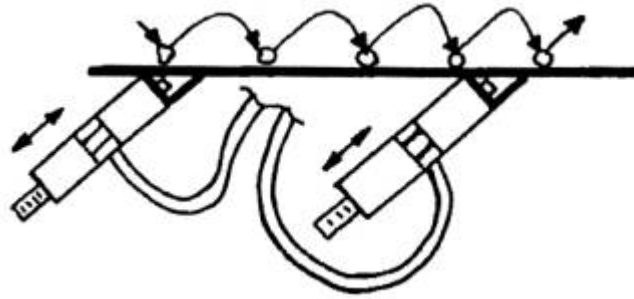
混凝土捣实



起拱和粘着

在上述两种情况下振动都会减低材料的摩擦力。

振动并不是一定要对重力有支持作用，有时振动会使物料“跳动”，而重力使物料回到料道里。通过直线振动器的帮助我们给物料一定的跳动方向，且通过调整振幅可以改变跳动的步长。



物料进给

### 1.2.2 基本信息

在进行任何一种振器的选型时，有一件十分重要的事情，要知道，你虽然可以计算出物料、筒仓、料槽等的自然频率，但在实际应用中其结果绝不会得出向计算那样的值。

我们可以利用表格和计算公式来正确选择振动器的力和频率及安装位置，但是“细调”，即对振动器进行最优调整则是实际中试验—调整的问题。有经验的现场工程师可以很快选出最佳的振动器类型和安装位置。

在“选择最佳振动器类型”一节中有经验法则和表格给出。

要实现振动器的最佳调整，建议在气路中加入调压阀或针阀从而达到控制空气流量和压力的目的。找出要进给、要捣实或要分选的物料的自然频率是调整振动器的最佳途径。

气动式外置振动器的工作频率范围为从 2,000rpm 到约 20,000rpm 或约为 35-350Hz。在技术参数表中给出的数据是在如下条件下得出的：振动器被置于固定式试验台上，振动器处于非实际工作状态，即振幅为零但是频率比实际安装于工件上时高 2-3 倍。

通常物料的自然频率会高于振动器的频率，因此要用更强大的振动器来做某一工作。

不要让振动器满负荷工作。在用新振动器时，建议使它工作在 3/4 满负荷下，因此当由于磨损、老化而使其功率降低时，可以通过增加频率予以适当补偿。

注：气动式旋转和直线振动器的工作压力不能高于 7bar (100PSI)。

## 2. 气动系统

### 2.1 耗气量和空气压缩机

振动器系统的耗气量，特别是平均耗气量，是计算所需压缩机尺寸的基础。下表给出了工作压力为 2 bar 和 6 bar 时每分钟耗气量。由于制造误差，表中的数据会有 10% 左右的变化。

图 2.1FINDEVA 振动器耗气量 (升 / 分钟)

类别	2bar	6bar	*	类别	2bar	6bar	*	类别	2bar	6bar
K-8	83	195	*	R-50	100	195	*	DAR-2	70	200
K-10	92	200	*	R-65	200	400	*	DAR-3	100	300
K-13	94	225	*	R-80	290	570	*	DAR-4	120	360
K-16	122	280	*	R-100	370	730	*	DAR-5	130	390
K-20	130	340	*	R-120	500	970	*	DAR-6	170	470
K-25	160	425	*				*	DAR-7	180	500
K-30	215	570	*				*			

类别	2bar	6bar	*	类别	2bar	6bar	*	类别	2bar	6bar
GT-4/6	33	83	*	T-50-LP	70	165	*	FP-12-S	1	25
GT-8/10	46	112	*	T-50-HP	80	190	*	FP-12-M	1	20
GT-13/16	120	390	*	T-65-LP	90	240	*	FP-12-L	1	20

GT-20/25	185	455	*	T-65-HP	110	290	*	FP-18-S	5	57
GT-30/36	330	745	*	T-80-LP	150	290	*	FP-18-M	4	25
GT-40/48	425	970	*	T-80-HP	150	390	*	FP-18-L	5	46
			*	T-100-HP	200	390	*	FP-25-S	13	93
							*	FP-25-M	23	87
							*	FP-25-L	18	93
							*	FP-35-S	23	162
							*	FP-35-M	24	141
							*	FP-35-L	38	135

### 2.1.1 计算平均耗气量

公式:

- 1、由表 2.1 查出耗气量;  $CONS = x \times x \times \text{升} / \text{分}$
- 2、工作系数 (开 / 关)  $\times 100\%$ ;  $OPF = x \times x \%$
- 3、平均耗气量  $= CONS \times OPF$  即  $ACON = x \times x \times \text{升} / \text{分}$
- 4、总平均耗气量  $= x \times x \times \text{升} / \text{分}$

要得到几个振动器和 / 或同一气路上其他耗气元件的总平均耗气量, 如果每个元件的耗气量相同则将平均耗气量与元件个数相乘; 若各元件耗气量不同, 则分别相乘后将结果相加。

在确定所需空气压缩机的大小时, 建议在以上计算结果上再加 20% 的安全余量, 因为表中的给定值也可能会变动。除此之外, 泄漏或另外附加的元件会需要更大的空气压缩机。今后安装的附加元件可能会需要更多的能量。

另外还有一个数据对确定空气压缩机的大小同样必要, 它就是在给定时间内最大耗气量。此数据可以由所有元件同时工作时的耗气量及他们工作时间的长度来确定。

最大耗气量 = 元件数  $\times CONS$  在  $x \times x$  分钟内)

=  $x \times x \times \text{升} / \text{分}$  (在  $x \times x$  分钟内)

在确定空气压缩机大小时最大耗气量和平均耗气量都会有用。

## 2.2 润滑

**是否需要润滑?** 这是一个很重要的问题。总的来说, 润滑总是会延长元件的寿命, 因为它可以极大地降低摩擦。但是对球式振动器进行润滑却是浪费润滑剂, 因为它并不能显著地增加振动器的寿命, 而 T 系列转轮振动器在无润滑的情况下则会很快损坏。由于特殊的材料及处理方法 (氟涂层等), 工作摩擦力可以减到最小, 所以活塞式振动器 (FP 系列) DAR-系列振动器同样具有很好的紧急工作特性。尽管如此, 工作结束后也要加入润滑油以防磨损加剧。

对于每分钟需要加几滴油或不能多于多少这样的问题, 却不能一概而论。往复式或活塞式空气压缩机可以随空气提供足够的润滑油, 因此无需加润滑油。不幸的是同一类型的压缩机也会由于泄露过大而带入太多的油, 这样会由于粘着引起 DAR 系列振动器的频率和力下降。另外对于带有内置式空气干燥器的压缩机来讲, 需要有气路油雾器以防止 T 系列 DAR 系列和 FP 系列振动器过早磨损。

注意: 请使用如下粘度的润滑油来润滑 F I N D E V A 振动器

I S O V G 5 粘度 5 cSt/40 $\square$  (5 厘斯或约 42.4 或 5cm<sup>2</sup>Sec<sup>2</sup>)

所用的润滑油应该为非粘着性的, 如下所示油品;

壳牌 德力士 C 5

埃索 Nut o H 5

美孚 Velocite No.4

BP Energol HP 5

对于食品行业的应用, Whilerex 304 (植物基)

注意: 若油的粘度与推荐值不符则会降低频率和力。

对 FP 系列振动器来说, 可以用蒸馏水做润滑剂, 其效果与润滑油一样。使用时调整给定量为 10 滴 / 分钟。

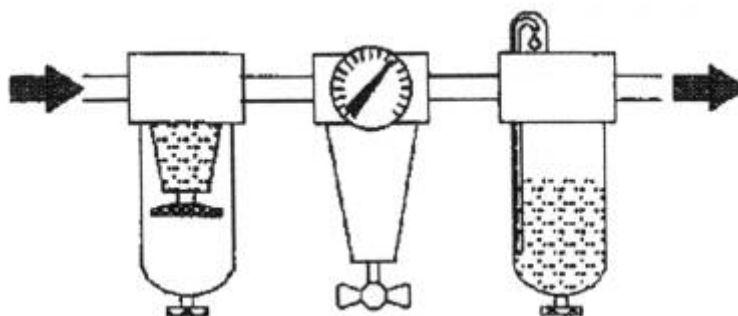
作为气路注油器, 滴油润滑器的效果要强于威克注油器。在消音器处检查油迹, 调整润滑器使油迹为最少, 但是又不完全消失。太多的润滑油会导致活塞或滚子粘滞, 因此应加以避免。

### 2.3 空气过滤器和减压阀

所有的空气压缩机都配有空气过滤器以保护空气压缩机的阀。这样空气压缩机给出的空气对旋转型振动器来说是足够了。由于小尘粒可能会带入, 所以我们还是强烈建议在气路上使用 5  $\mu\text{m}$  或更小的过滤器, 这样有助于延长振动器的寿命。

注: 由于 FP 一系列中活塞与空之间的间隙很小, 所以我们强烈建议使用 5  $\mu\text{m}$  的空气过滤器。

空气过滤器的安装应靠近振动器, 以避免金属气管上的锈粒进入振动器。建议按如下所示连接过滤器、减压阀和润滑器。



正确的安装顺序：过滤器，然后减压阀和油雾器

## 2.4 空气管路

可以通过增、降气压或流量对振动器进行调整，但是进气管和排气管的尺寸也应该合适。如果此比值太小就会使振动器不能全功率工作。排气管要尽量短，因为排出的气体会膨胀，它是压差的若干倍。

公式为： $V_{进} * P_{进} = V_{出} * P_{出}$

这里P为绝对压力。因此可以容易地看出当振动器工作于6 bar（相对压力）时，排气端的气体体积会是进气端6倍。排气管太长或太短会影响空气的运动，即并非全部的空气压力全部都能转化为振动器的振动能。使用直接安装于振动器的消音器对获取最大振动能来说是最好的办法。上图可以用来确定所需的气管直径。

例：在4bar时的耗气量为900升/分钟，管子的长度为10米。从右边的900处开始向左直到4bar的线，沿45°线向上直到段末边界线。然后沿直线向左直到10米线再沿着45°线向右上直到系统允许的最大压力损失线。此时在左侧就是管子的直径和面积。

注：管路中的压力损失不要大于0.5bar；但要把此值降得很小却无意义，因为这样会增加管子的直径和成本。理想值在0.1—0.5bar之间。排气管的尺寸也可以用同样方法确定。用与确定进气管时相同的图，但不要使用进气压力而使用排气压力，即0.2—0.5bar。

## 2.5 气阀和调压器

### 2.5.1 调压器

在调压器（如针阀）的帮助下，振动器可以调节至它的最佳工作状态。调整流量值会影响振动器的频率和能量。为使效果最佳，我们建议将调压器置于空气过滤器和油雾器之间。

### 2.5.2 气阀

对于象清空料槽、料斗这样的应用，建议让振动器间歇地工作。这样你可能需要在油雾器后加一电磁阀。不要将电磁阀加在调压器和油雾器之前，因为如果这样会使调压器每次都启动，而当加上压力后，输出端不能马上得到压力，这样会降低振动器的功能。因此同样建议将电磁阀置于尽量靠近振动器之处。

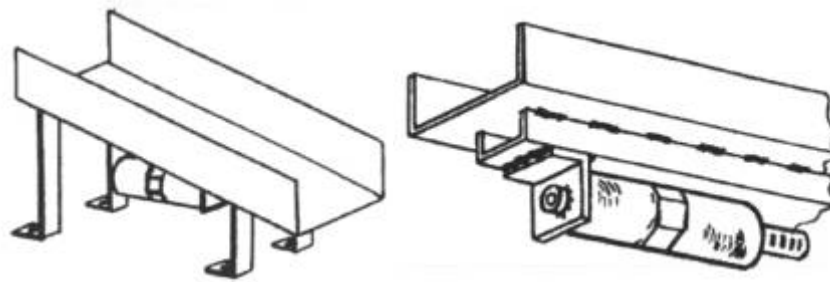
注：不要将附件，如：空气过滤器、压力调节器、油雾器等置于振动器的安装位置上，这样会导致这些装置失灵。注意：请确认阀的内径足够大（见图“确定气管的直径和面积”），否则振动器不会工作于全功率下；活塞振动器可能启动困难。当气阀为手动阀时也许活塞振动器不能启动，因为要启动活塞振动器应在一开始就加上全压。所以当使用手动阀时，应尽快打开阀门或者使用电磁阀。

## 3. 何处及如何安装振动器

### 3.1 直动活塞振动器

此种振动器主要应用于进料方面，最常见的进料方式有料道、料槽、漏斗型螺旋料槽。活塞振动器不适合于作料仓和料斗清空，因为冲击力可能引起结构件的损坏。

#### 3.1.1 料道



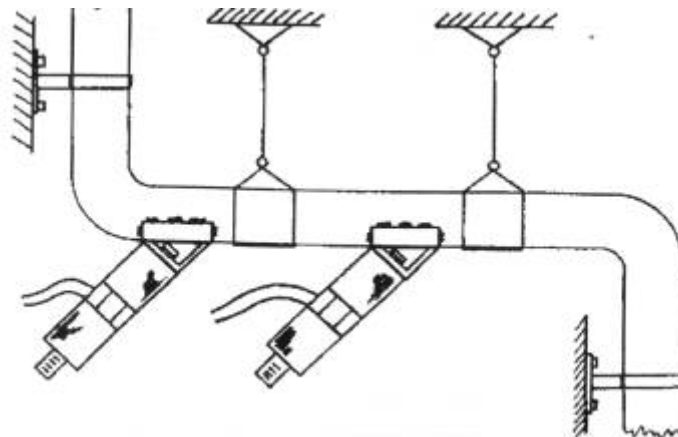
料槽

由于在大多数情况下料道都具有向下的斜度，所以上料时要克服重力作用。为使振动器能正常工作，料道应用板簧或丝簧或橡胶元件悬挂、支撑，振动方向只能为水平方向。

应确保振动器与料道连接的刚性。若料道底部刚度不好，则振动器应通过铺满料道全长的加强槽或槽钢与料道相联。

如图所示的管道通常用来在料仓和生产机械之间输送粉状物质，如化学粉末、面粉和糖。这样的优点是被输送的物料不会接触到除管道以外的任何物质，而管道通常由抗化学的物质制成。这满足食品和药品工业的清洁和无污染的要求。

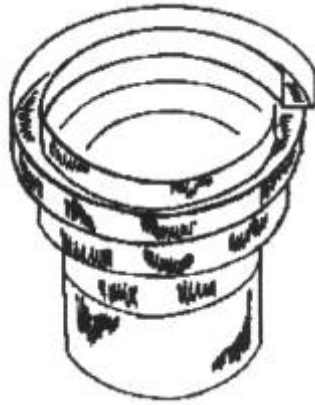
振动器以  $45^\circ$  角安放。这样可以向前推动物料，若有必要可以在管道上加横筋，这样即使是向上倾斜的坡度也不会妨碍物料的进给。



料道

有一点十分重要--料道应有足够的刚性，但其与基座的连接又不能是刚性联结。若料道的长度较长，就有必要使用几个振动器，但这些振动器应该是同样型号，以确保他们在料道的刚度足够时能以同样的频率、同样的相位工作。料道本身可以通过在其外部焊接厚壁 U 型加强板来提高刚度。请注意，这些 U 型加强板两端处 3mm 之内不要焊接。

### 3.1.3 斗型螺旋料道



斗型螺旋料道

斗型螺旋料道用于要把大量的零件自动输送到机器中的情况。这种系统通常包括一个将零件以某种姿态方式进给到机器中的系统。

通常斗型螺旋料道由电动、旋转或电磁振动器驱动，气动活塞振动器具有占空间小且振动能量大的优点。

螺旋料道应安放在板簧或橡胶上。两个振动器应相对安放，以得到假想垂直支点。确切的安装角须通过实验确定，但与料道底座成  $45^\circ$  安放通常都不会有问题。

### 3.2 旋转式振动器

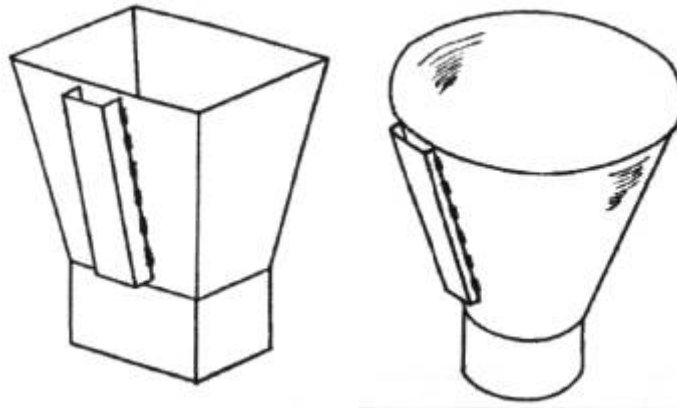
旋转式振动器会产生正弦振动，通过压力和流量调节器，可以使旋转式振动器的频率有更宽的调整范围。这种振动器能比直线振动器更有效地使物料进入共振状态。

旋转式振动器主要用来分离或捣实物料。最普通的应用之一是料斗或料仓的清空，而在分离物料方面的应用是将堵塞的物料分开。一旦分开物料就会在重力的作用下向下移动。

旋转式振动器也可以象直线振动器那样用来作物料进给之用。由于活塞振动器不能产生强力，所以大的旋转式振动器常用来进给较重的物料，象料道中的沙砾或用来筛分物料。这时物料对正弦振动的响应要较冲击振动为好。

直线振动器并不能有效的捣实混凝土，其单向运动在向前时会产生捣实作用，而向后时会起分离作用。作为捣实混凝土之用可采用两种振动器形式，即内置式振动器和外置式振动器。内置式振动器有时称作振捣棒，即要插入混凝土中。棒中带有一块旋转重物，此重物的驱动由电、气或机械驱动的软轴完成。振捣棒用于建筑或造桥方面，这里需要大面积的捣实工作。它们同样可以用于墙、柱或隧道的建筑，但在这种情况下通常建议使用置于棒外的外置式振动器。

#### 3.2.1 料斗上应用时的安装

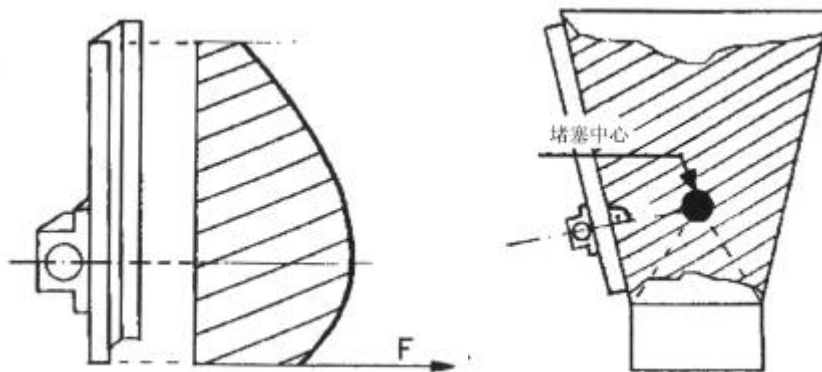


槽钢的应用

沿料斗竖直方向以分段焊的方式焊上一个槽钢能够将尽量多的振动能传播到斗中的物料上。此槽钢应被置于四面体较大面的对称轴线上。注意在距槽钢距离为槽钢长度一半的范围内，不应有框架结构，因为这些结构会吸收振动能且可能会导致结构损坏。

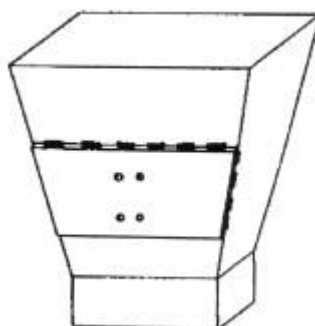
槽钢起到加强筋的作用，它使振动能扩散到槽钢的全长范围，但是在槽钢的端头振动能会有所减少。振动波是沿着与槽钢长度成  $90^\circ$  角方向传播，因此放置振动器的最佳位置是连接槽钢和阻塞中心的假想线上。

若阻塞中心未知，则实践证明较好的安装位置在料斗高度的  $1/3$  处。



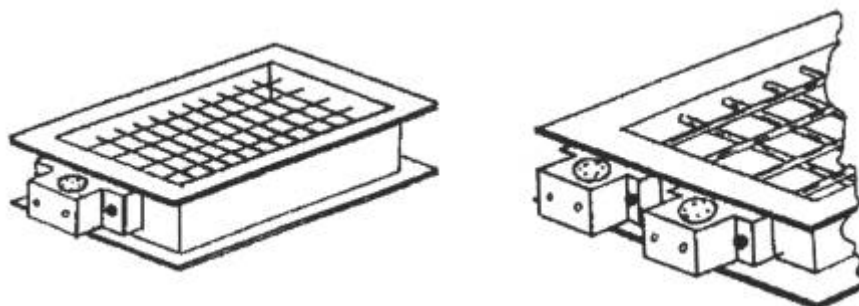
槽钢上的振动能/堵塞中心

除槽钢之外，也可以在矩形漏斗上焊钢板，使其有足够的刚度向整个漏斗传播振动能量。由于钢板的厚度、面积及重量的原因，部分振动能量会被吸收掉。



### 3.2.2 筛上安装

如前所述，筛子与料道很相似。振动器可以安装在筛子窄边上或中心。在振动器的激励下筛子产生振动。通常在筛向沙砾这样的较重物料时，一个振动器是不够的。在这种情况下可以使用两个振动器。两个振动器非常靠近地安装在筛子上。两个振动器会很快同步并使振动能量加倍。要注意框架的刚度应足够大，若框架的刚度不够，则可以用槽钢或工字钢来增加刚度并将振动器置于中心。如下图：



安装于筛子上

筛子应安放在弹簧或橡胶上，以保证振动不被筛子的机体所吸收。注意，振动器的气管不能有任何机械损伤。当振动器用于露天安装时，请参阅 6.1.4。

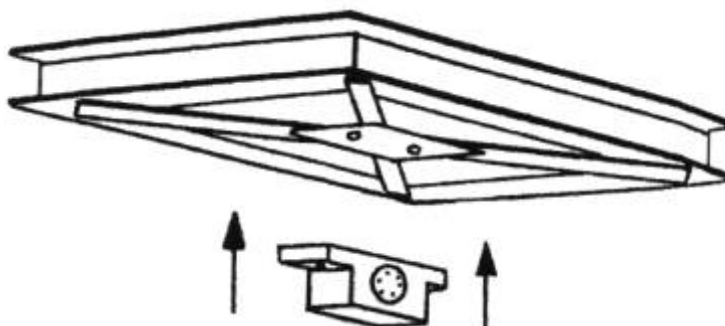


图 增加筛子的刚度(底视)

### 3.2.3 安装于混凝土模子上

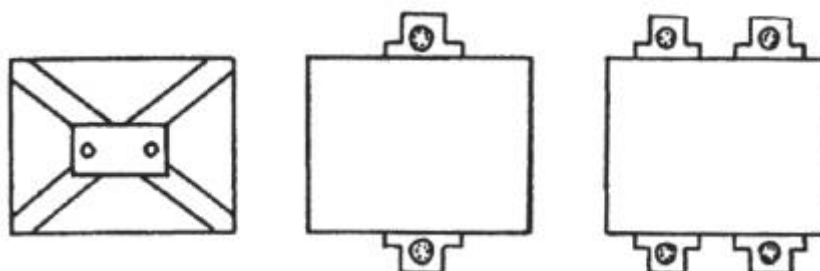


图 安装于混凝土模子上(底视图)

向料斗一样, 建议使用槽钢或平板以使安装于混凝土模上的振动器的振动能量能够更好地传播。若模子很小(小于 50 X 50mm/20 X 20 英寸), 则振动器可以置于模子底部的中心处。若模子较大, 则可以有三种选择: □ 只用一个振动器 □ 两个振动器在较长两边上相对安装 □ 或四个振动器在模子的 长边上两两相对安装。

如同在筛子上的情况一样, 安装于模子上的振动器会在开始工作后马上进入同步状态。模子应被置于橡胶或板簧之上, 但又应有相当的刚度以确 保当切断振动器的能源供给后, 模子不会晃动或振动。

### 3.2.4 安装于柱状浇注模上

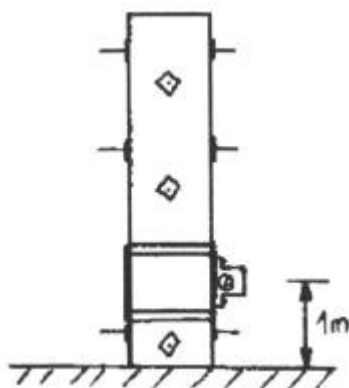


图 安装于柱状浇注模上

在浇注方型柱时, 由于方型的面相对很小, 所以通常木制或钢制模板有足够的刚度安装振动器。振动器的安装应尽量靠近底部, 最好在距底部一米左右处。这可以保证柱子的较低部分可以被充分振动。而上部可以相对自由移动, 这样柱中的钢筋会向上传播振动能。即使柱子有 4 米高, 一个振动器也是绝对足够的。振动器可以由夹子安装。

对于更长的柱子, 我们并不是有两个振动器同时工作的方法, 而是每隔几米随着混凝土的浇注而逐段振动, 直到整个柱子浇注完成。

振动时间的长短取决于混凝土的粘度和所使用的添加剂。

与柱状注型不同, 对墙体来说, 其刚度并不大, 因此使用一个振动器则振动能量并不能很好地扩散。这样要覆盖整个给定面, 就要用几个振动器, 而每个振动器就要相应小一点。

墙体应该一块一块的振捣(每块之间的最大距离为 1-2m)。

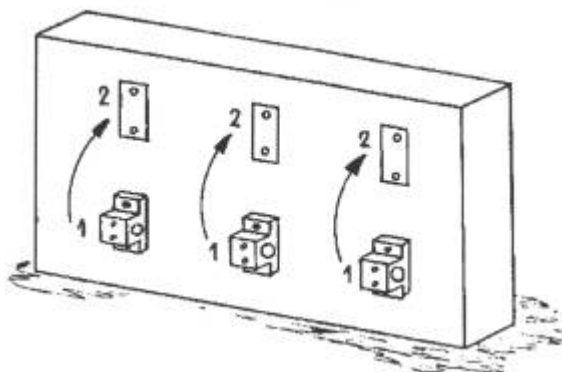


图 墙体注型上安装

## 4.选择最佳振动器类型

### 4.1 概述

在本节您将看到如何选择振动器。但实际上选择最佳的振动器并不只是简单到仅仅使用计算器和图表。每种应用都要用不同的方法。通常自由振动被结构上的加强筋或其他阻尼性的东西所减弱。下面的表可以给您一个接近最佳选择的方法，但最终还是要进行细调。通过改变气压使振动频率接近物体的自由频率或最佳工作状态。

在许多应用中要用到三个以上不同类型的振动器，在这种情况下要确定用什么振动器就需要考虑噪音以及初装成本和长期运行成本。

通常讲要考虑七个因素：

- 空气消耗量
- 噪音
- 安装空间
- 频率
- 振幅/振动能
- 成本/维护成本
- 空气供给/润滑情况

在下表中您将看到不同种类的振动器的力和振幅。其它重要的因素有：成本、噪音和空气消耗量。例如，有时使用金转轮振动器很必要。它噪音小，在相同功率下耗气量仅及球式振动器的一半。在其它的应用场合，若没有噪音要求，则球式振动器足够且省钱。

步骤：

1. 根据所需力的大小，从下表中选出所有可能的振动器。
2. 若要求工作安静则不要使用噪音大的振动器。
3. 若要求无油工作则不要选择 T-、DAR-和 FP-系列振动器。
4. 若要求耗气量小，则不要选择球式和滚子式(K-、R-和 DAR-系列)振动器。空气消耗量请参阅第 10 节----技术参数。
5. 检查安装空间。
6. 对比成本。注意，GT-系列振动器可以完成两个球式振动器的工作，长期来讲 GT-系列的成本低。

## 4.2 料斗

### 4.2.1 公式

选择最优振动器类型的最重要因素是要振动的物料的重量。针对料斗时，我们只对位于锥体部分的物料感兴趣。

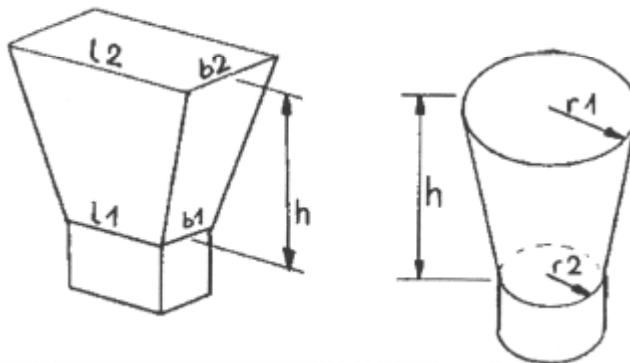
物料重量：

$W = \text{体积} \times \text{物料的单位体积重} (VW)$

$$W = \frac{\pi l_1 l_2 + \pi l_2 l_1}{2} \times h \times VW \quad (\text{方型料斗})$$

$$W = \frac{\pi r_1^2 + \pi r_2^2}{2} \times h \times VW \quad (\text{圆锥型料斗})$$

( $\pi = 3.1415926$ )



料斗中物料重量的计算

### 4.2.2 表

通常情况下,最好是使用两个小振动器而非一个大的。两个振动器应在料斗上相对安装.这样可以防止一点上受力过大。

表 选择表

被振物质量 kg	物 料					
	干/松 稻谷,玉米,咖啡,干燥粉末, 面粉					
	球式振动器 K-系列	滚子振动器 R-系列	金转轮振动器 GT-系列	球或滚子振动器 R-系列	DAR-振动器	金转轮振动器 GT-系列
	有噪音	有噪音	安静	有噪音	有噪音	安静
50	K-8		GT-8	K-10		GT-8
100	K-8		GT-8	K-13		GT-8
200	K-10		GT-8	K-16		GT-8
300	K-13		GT-8	K-20		GT-8
500	K-16		GT-8	R-50		GT-8
800	K-20	R-50	GT-8	R-50	DAR-2	GT-10
1,000	K-25	R-50	GT-13	R-50	DAR-2	GT-16
1,500	K-30	R-50	GT-16	R-65	DAR-3	GT-20
2,000	K-36	R-65	GT-20	R-80	DAR-4	GT-25
3,000	K-36	R-65	GT-25	R-100	DAR-5	GT-36
5,000		R-80	GT-30	R-120	DAR-6	GT-40
8,000		R-100	GT-40		DAR-7	GT-78
10,000		R-100	GT-48		DAR-7	GT-48-S

用于料斗时的振动器选择表

### 4.3 料槽和筛子

在这种应用中要选择正确的振动器，首先应确定要振动的物料的重量和体积。对于总重低于 1 2 0 k g 的料道或筛子，可以使用活塞式振动器。但是对于大的料道或筛子，旋转式振动器特别是转轮式振动器则是一种好的选择。

在使用两台振动器的情况下，应确定两台振动器是被安装于同一加强筋上，这样可以使它们很快进入共振状态，并使力加以放大。

#### 4.3.1 公式

被振物的总重

$$W_{(被振)} = \text{料道与筛子重 (运动件重)} + \text{内置物料重}$$

#### 4.3.2 表

表 料道和筛子上应用时振动器选择表

总重 (kg)	K-型球式振动器 有噪音 SA/HF	R-型转子振动器 有噪音 MA/HF	DAR-型转子振动器 有噪音 HA/LF	GT-型转轮振动器 无噪音 LA/MF	FP-型活塞振动器 无噪音 1/LF
5	-	-	-	-	FP-12
10	-	-	-	-	FP-18
15	-	-	-	-	FP-18
20	K-8	-	-	-	FP-25
30	K-8	-	-	-	FP-25
40	K-10	-	-	-	FP-25
50	K-13	-	-	-	FP-35
75	K-16	-	-	GT-10	FP-35
100	K-20	-	-	GT-10	FP-35
150	K-25	R-50	DAR-2	GT-16	-
200	K-30	R-50	DAR-3	GT-16	-
300	K-36	R-65	DAR-4	GT-25	-
400	2×K-36	R-80	DAR-5	GT-36	-
500	-	R-100	DAR-6	GT-36-S	-
750	-	R-120	DAR-7	GT-48	-
1,000	-	R-120	DAR-7	GT-48-S	-

2,000	-	2×R-120	2×DAR-7	2×GT-48-S	-
-------	---	---------	---------	-----------	---

F P 一系列振动器有 S（小）、M（中）和 L（大）三种振幅类型。

SA:小振幅	LF:低频率
MA:中振幅	MF:中频率
HA:大振幅	HF:高频率

#### 4.4 混凝土和铸造用模型方面之应用

在混凝土模方面，选择振动器时的重要因素有：重量和状态，即混凝土是干、中等还是稀。

注：无论从表中选什么样的振动器，都必须进行实际测试来确定最佳工作状态。特别是对混凝土，振动时间对于确保混凝土被振透极为重要。表中数据仅提供了一个大概的估计。

表 混凝土模选择表

灌入模中物料的重量	物料状态		
	稀	中等	干
20	R-50,DAR-2,GT-10-S	R-50,DAR-3,GT-10-S	R-65,DAR-4,GT-10-S
50	R-50,DAR-2,GT-10-S	R-65,DAR-3,GT-16-S	R-65,DAR-4,GT-16-S
100	R-65,DAR-5,GT-16-S	R-65,DAR-5,GT-16-S	R-80,DAR-6,GT-25-S
200	R-65,DAR-5,GT-25-S	R-80,DAR-6,GT-25-S	R-100,DAR-6,GT-36-S
500	R-80,DAR-6,GT-36-S	R-100,DAR-6,GT-48-S	R-120,DAR-7,2×GT-36-S
750	R-120,DAR-6,GT-48-S	R-120,DAR-7,2×GT-36-S	2×R-120,2×DAR-6,2×GT-48-S
1,000	2×R-120,DAR-7	2×R-120,2×DAR-6	2×DAR-7

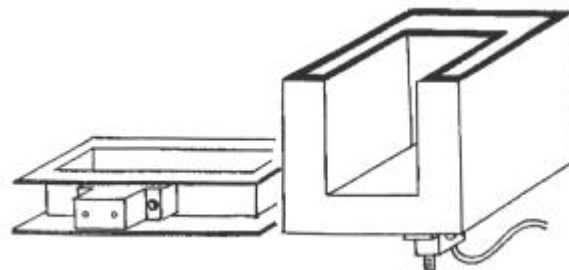


图 根据模型选择安装方式

当要捣实的混凝土大于 10 cm（4 英寸）时，推荐使用 D A T 一系列振动器（上图右侧）。DAR-系列振动器产生很大的振幅可以穿透到混凝土材料的很深处。

对于平板式的模型（上图），若总宽度大于 20 cm（8 英寸），则采用一个 D A R 一系列振动器。若大于 40 cm（16 英寸）则采用两个。若宽度小于 20 cm，则 R 一系列、G T 一系列可以达到很好的效果。

要达到很好的捣实效果并作到表面无气泡，G T 一系列振动器应运转约 10 秒，由于它的高振动频率，它可以沙子捣实使其紧紧包围砾石。

#### 4.5 铸造模

在捣实铸造模中石英沙的应用方面，要确定合适的振动器请使用上表中“干”一栏。推荐使用 G T 一系列转轮振动器，因为这种振动器可以在无润滑的情况下工作，而且它们的球轴承带有防护圈。这样可以防止石英沙进入对轴承产生损害。振动器在待机状态时也应对其提供 0.5bar 左右的气压，这样可以防止在向模中注砂时，石英砂从振动器排气口进入振动器。

启动振动器需要较高压力。

## 4.选择最佳振动器类型

### 4.1 概述

在本节您将看到如何选择振动器。但实际上选择最佳的振动器并不只是简单到仅仅使用计算器和图表。每种应用都要用不同的方法。通常自由振动被结构上的加强筋或其他阻尼性的东西所减弱。下面的表可以给您一个接近最佳选择的方法，但最终还是要进行细调。通过改变气压使振动频率接近物体的自由频率或最佳工作状态。

在许多应用中要用到三个以上不同类型的振动器，在这种情况下要确定用什么振动器就需要考虑噪音以及初装成本和长期运行成本。

通常讲要考虑七个因素：

- 空气消耗量
- 噪音
- 安装空间
- 频率
- 振幅/振动能
- 成本/维护成本
- 空气供给/润滑情况

在下表中您将看到不同种类的振动器的力和振幅。其它重要的因素有：成本、噪音和空气消耗量。例如，有时使用金转轮振动器很必要。它噪音小，在相同功率下耗气量仅及球式振动器的一半。在其它的应用场合，若没有噪音要求，则球式振动器足够且省钱。

步骤：

1. 根据所需力的大小，从下表中选出所有可能的振动器。
2. 若要求工作安静则不要使用噪音大的振动器。
3. 若要求无油工作则不要选择 T 一、D A R 一和 F P 一系列振动器。
4. 若要求耗气量小，则不要选择球式和滚子式(K-、R-和 DAR-系列)振动器。空气消耗量请参阅第 10 节----技术参数。
5. 检查安装空间。
6. 对比成本。注意，G T 一系列振动器可以完成两个球式振动器的工作，长期来讲 G T 一系列的成本低。

.....

## 4.2 料斗

### 4.2.1 公式

选择最优振动器类型的最重要因素是要振动的物料的重量。针对料斗时，我们只对位于锥体部分的物料感兴趣。

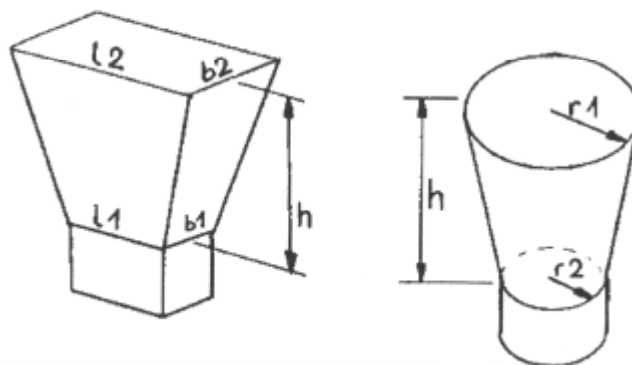
物料重量：

$W = \text{体积} \times \text{物料的单位体积重} (VW)$

$$W = \frac{\pi(L1+b1)(L2+b2)}{2} \times h \times VW \quad (\text{方型料斗})$$

$$W = \frac{\pi r_1^2 + \pi r_2^2}{2} \times h \times VW \quad (\text{圆锥型料斗})$$

( $\pi = 3.1415926$ )



料斗中物料重量的计算

### 4.2.2 表

通常情况下,最好是使用两个小振动器而非一个大的。两个振动器应在料斗上相对安装,这样可以防止一点上受力过大。  
表 选择表

被振物质量 kg	物 料					
	干/松 稻谷,玉米,咖啡,干燥粉末, 面粉					
	球式振动器 K-系列	滚子振动器 R-系列	金转轮振动器 GT-系列	球或滚子振动器 R-系列	DAR-振动器	金转轮振动器 GT-系列
	有噪音	有噪音	安静	有噪音	有噪音	安静
50	K-8		GT-8	K-10		GT-8
100	K-8		GT-8	K-13		GT-8
200	K-10		GT-8	K-16		GT-8
300	K-13		GT-8	K-20		GT-8
500	K-16		GT-8	R-50		GT-8
800	K-20	R-50	GT-8	R-50	DAR-2	GT-10
1,000	K-25	R-50	GT-13	R-50	DAR-2	GT-16
1,500	K-30	R-50	GT-16	R-65	DAR-3	GT-20
2,000	K-36	R-65	GT-20	R-80	DAR-4	GT-25
3,000	K-36	R-65	GT-25	R-100	DAR-5	GT-36
5,000		R-80	GT-30	R-120	DAR-6	GT-40
8,000		R-100	GT-40		DAR-7	GT-78
10,000		R-100	GT-48		DAR-7	GT-48-S

用于料斗时的振动器选择表

### 4.3 料槽和筛子

在这种应用中要选择正确的振动器, 首先应确定要振动的物料的重量和体积。对于总重低于 1 2 0 k g 的料道或筛子, 可以使用活塞式振动器。但是对于大的料道或筛子, 旋转式振动器特别是转轮式振动器则是一种好的选择。

在使用两台振动器的情况下, 应确定两台振动器是被安装于同一加强筋上, 这样可以使它们很快进入共振状态, 并使力加以放大。

#### 4.3.1 公式

被振物的总重

$$W_{(被振)} = \text{料道与筛子重 (运动件重)} + \text{内置物料重}$$

#### 4.3.2 表

表 料道和筛子上应用时振动器选择表

总重 (kg)	K-型球式振动器 有噪音 SA/HF	R-型转子振动器 有噪音 MA/HF	DAR-型转子振动器 有噪音 HA/LF	GT-型转轮振动器 无噪音 LA/MF	FP-型活塞振动器 无噪音 1/LF
5	-	-	-	-	FP-12
10	-	-	-	-	FP-18
15	-	-	-	-	FP-18
20	K-8	-	-	-	FP-25
30	K-8	-	-	-	FP-25
40	K-10	-	-	-	FP-25
50	K-13	-	-	-	FP-35
75	K-16	-	-	GT-10	FP-35
100	K-20	-	-	GT-10	FP-35
150	K-25	R-50	DAR-2	GT-16	-
200	K-30	R-50	DAR-3	GT-16	-
300	K-36	R-65	DAR-4	GT-25	-
400	2×K-36	R-80	DAR-5	GT-36	-
500	-	R-100	DAR-6	GT-36-S	-
750	-	R-120	DAR-7	GT-48	-

1,000	-	R-120	DAR-7	GT-48-S	-
2,000	-	2×R-120	2×DAR-7	2×GT-48-S	-

F P 系列振动器有 S (小)、M (中) 和 L (大) 三种振幅类型。

SA:小振幅	LF:低频率
MA:中振幅	MF:中频率
HA:大振幅	HF:高频率

#### 4.4 混凝土和铸造用模型方面之应用

在混凝土模方面，选择振动器时的重要因素有：重量和状态，即混凝土是干、中等还是稀。

注：无论从表中选什么样的振动器，都必须进行实际测试来确定最佳工作状态。特别是对混凝土，振动时间对于确保混凝土被振透极为重要。表中数据仅提供了一个大概的估计。

表 混凝土模选择表

灌入模中物料的重量	物料状态		
	稀	中等	干
20	R-50,DAR-2,GT-10-S	R-50,DAR-3,GT-10-S	R-65,DAR-4,GT-10-S
50	R-50,DAR-2,GT-10-S	R-65,DAR-3,GT-16-S	R-65,DAR-4,GT-16-S
100	R-65,DAR-5,GT-16-S	R-65,DAR-5,GT-16-S	R-80,DAR-6,GT-25-S
200	R-65,DAR-5,GT-25-S	R-80,DAR-6,GT-25-S	R-100,DAR-6,GT-36-S
500	R-80,DAR-6,GT-36-S	R-100,DAR-6,GT-48-S	R-120,DAR-7,2×GT-36-S
750	R-120,DAR-6,GT-48-S	R-120,DAR-7,2×GT-36-S	2×R-120,2×DAR-6,2×GT-48-S
1,000	2×R-120,DAR-7	2×R-120,2×DAR-6	2×DAR-7

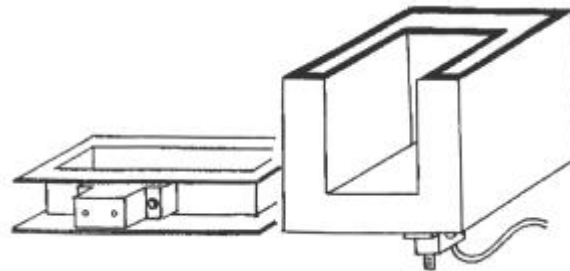


图 根据模型选择安装方式

当要捣实的混凝土大于 10 cm (4 英寸) 时，推荐使用 D A T 系列振动器 (上图右侧)。DAR-系列振动器产生很大的振幅可以穿透到混凝土材料的很深处。

对于平板式的模型 (上图)，若总宽度大于 20 cm (8 英寸)，则采用一个 D A R 系列振动器。若大于 40 cm (16 英寸) 则采用两个。若宽度小于 20 cm，则 R 系列、G T 系列可以达到很好的效果。

要达到很好的捣实效果并作到表面无气泡，G T 系列振动器应运转约 10 秒，由于它的高振动频率，它可以将沙子捣实使其紧紧包围砾石。

#### 4.5 铸造模

在捣实铸造模中石英沙的应用方面，要确定合适的振动器请使用上表中“干”一栏。推荐使用 G T 系列转轮振动器，因为这种振动器可以在无润滑的情况下工作，而且它们的球轴承带有防护圈。这样可以防止石英沙进入对轴承产生损害。振动

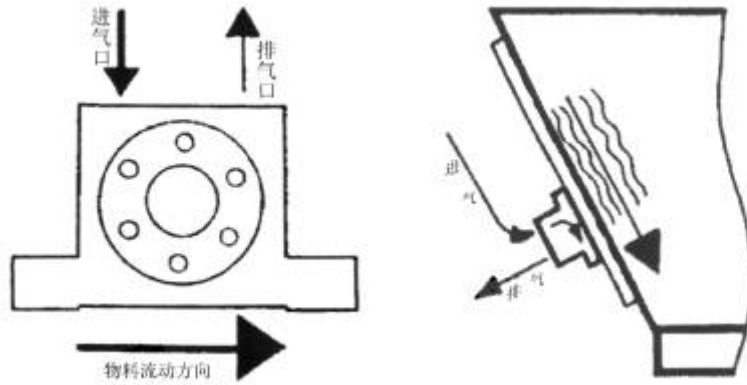
器在待机状态时也应对其提供 0.5bar 左右的气压，这样可以防止在向模中注砂时，石英砂从振动器排气口进入振动器。启动振动器需要较高压力。

## 6. 振动器的安装和运转

### 6.1 安装

在安装振动器之前应确定安装位置是仔细选择过的，以保证最佳工作效果(参见第 3 章)。

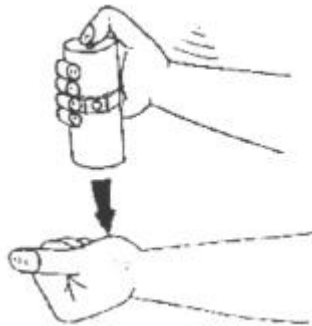
安装面必须干净、平坦。请注意，非平整安装面会由于振动器本体的扭振使振动器工作不正常。



"支持"流动和在料斗上的正确安装

振动器的安装应尽可能使其球体、滚子的转动方向对物料的流动有支持作用。通过如图 6.1 所示的进气方向可以很容易地确定正确的安装位置。

在安装活塞式振动器 F P 系列之前，应对其进行检查，确保活塞可以自由运动。用大拇指下的肌肉碰撞振动器，你应该能听到活塞 碰撞端盖的金属碰撞声。若活塞不能自由运动，可以在进气口加入几滴汽油(或煤油)。它可以松脱可能由于制造过程中使用的冷却剂所造成的活塞粘连。



检查活塞能否自由运动

#### 6.1.1 螺钉和螺母

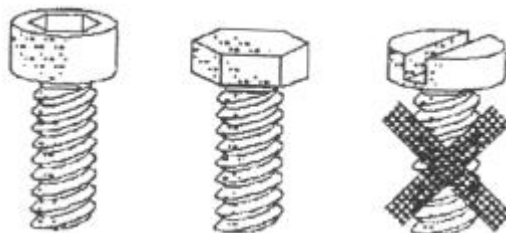


图 内六角螺钉/六角螺钉/带槽螺钉

振动器上使用了如下尺寸的螺钉:

振动器类型	8/10	13/16	20/25	30/36	40/48	60/70
K-系列	M6	M8	M8	M10	-	-
GT-系列	M6	M8	M8	M10	M16	M16
振动器类型	50	65	80	100	120	-
R-系列	M6	M8	M8	M10	M16	-
T-系列 <TD>	M6	M8	M10	M13	-	-
振动器类型	2	3	4	5	6	7
DAR-系列	M6	M8	M10	M12	M16	M16
振动器类型	12	18	25	35	-	-
FP-系列	M8	M10	M12	M12	-	-

建议使用 8.8 级以上的内六角或外六角螺钉。同样地，螺母也应该为 8.8 级以上。不应使用带槽螺钉或抗拉强度较低的其他螺钉。螺钉应足够长，至少有一个整螺纹拧出螺母。

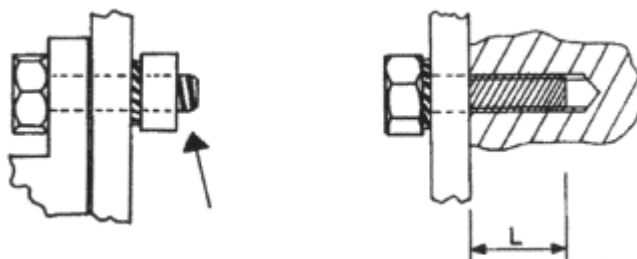


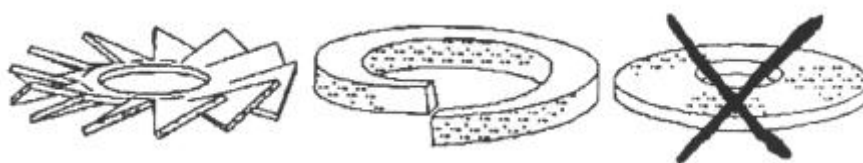
图 螺钉螺纹长度

若被连接件上带有螺纹孔，则螺钉应至少拧入螺钉直径的 1.5 倍。对 FP-系列来说，在振动器螺纹中的螺钉长度应符合下表。

FP-型振动器	12	18	25	35
最小(mm)	10	10	12	12
最大(mm)	13	13	15	15

注意：只能使用齿形锁紧垫圈或弹簧锁紧垫圈。建议使用粘性密封胶(如 LOCTITE 270)。请按照生产厂的说明书使用。

请勿使用普通平垫或曲面垫圈，因为这些垫圈不能阻止螺钉、螺母的松动。在振动过程中可能会引起松脱。齿形锁紧垫圈/弹簧锁紧垫圈/曲面垫圈



齿形锁紧垫圈/弹簧锁紧垫圈/曲面垫圈

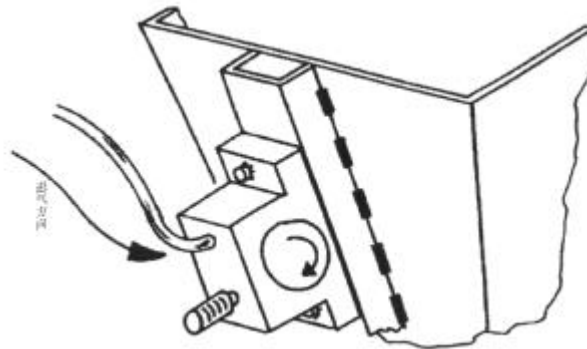
垫圈应被置于紧固面和螺母之间或对 F P 一系列振动器来说置于安装面与螺钉之间。紧固扭矩必须大于如下值。

螺纹尺寸	最小	最大
M6	6N	10N
-		
M8	15N	21N
M10	30N	42N
M12	50N	72N
M16	150N	174N

图 6.7 最小 / 最大扭矩

注：带有安装螺纹的端盖直径较小，另一个端盖(排气口)的螺纹不是公制。

振动器的安装位置应尽可能使球体、滚子或转轮的旋转对物料的流动有“支持”作用。通过验看如图 6.8 所示的进气口的位我们很容易检验振动器的安装位置是否正确。



“支持”气流以及振动器在料斗上的安装方式

注意：请确认振动器已安装牢固。我们强烈建议在振动器工作几分钟后重新紧固螺钉。振动器松脱会伤及人身或机器。

### 6.1.2 空气连接

压缩空气管应有足够的口径以保证空气流动顺畅。气管尺寸应根据 2.4 节确定。从主气管到振动器的气管用一条柔性管。请确认此柔性管的内径符合图 6.9

外型类别	50	65	80	100	120	180
内尺寸(mm)	8	8	12	16	16	20

确定进气口处的气管为柔性管且可以自由移动以保证振动器的工作不会对过渡区的管路造成损坏。管子的另一端应牢固固定，使管子不会进入共振状态。你也可以让管子直接从结构的某一点上连到进气口，但必须确保不会对安全产生影响。

不要弯折气管。

注：管螺纹为 BSP(英国标准管螺纹),NPT(美国国家标准管螺纹),它为锥形螺纹,每英寸多一扣,使用生料带可以确保联结的密封性。

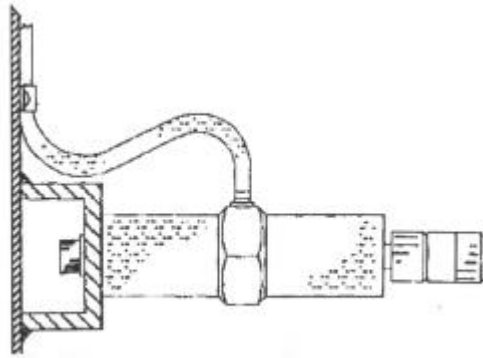


图 气管的联接

过滤器、压力调节器和油雾器应尽量靠近振动器(少于 2 米)。在振动器需要间歇工作的情况下,若在气路中联入电磁阀,则电磁阀与振动器之间的距离应少于 50 cm。这样可以保证振动器的启动、停止迅速可靠。

在最多为三个振动器的情况下,只需一个油雾器即可。从联结点到一个振动器的管子应一样长,以保证每个振动器的压力和流量一致。

再一次强调,当使用电磁阀时,电磁阀与振动器应相距 50 cm 以下,保证所有的振动器同时启、停。

若使用了油雾器,那么按 2.2 节所述使用 ISO G5 油。请注意,三套件(过滤器、调压器、油雾器)的供货商同样销售油雾器用油,请确认此油是否符合 ISO G5。

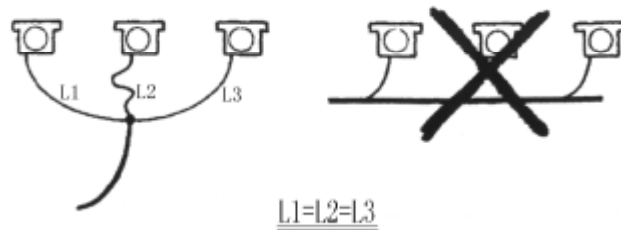


图 三个振动器联到一个油雾器

在安装气管之前建议在振动器的进气口加入几滴煤油。煤油会在振动器开始工作的最初几秒钟溶解新振动器内的防锈剂。

### 6.1.3 消音器

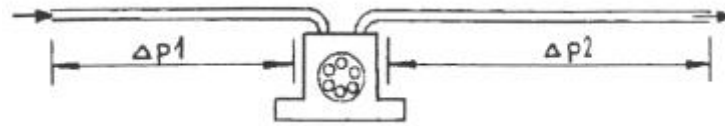
除 R 一系列以外的所有振动器工作时都可能会装有消音器或排气管。

振动器类别/型号	消音器	尺寸	定货号
GT-8/-10,R-50,FP-12/-18	过滤器型	1/8"	44025
K-8 到 25,GT-13 到 25,T-50 到 65,R-65/-80	过滤器型	1/4"	44026
K-30/-36,GT-30 到 48, T-80 到 100,T-100/-120	过滤器型	3/8"	44027
DAR-2	烧结型	1/8"	39371
DAR-3/-4	烧结型	1/4"	39372
DAR-5/-6/-7	烧结型	3/8"	39373
FP-25/-35	自由流动型	1/4"	44029

图 6.12 消音器参照表

消音器可能会由于空气中的灰尘而发生堵塞。因此，强烈建议使用气路过滤器。但是堵塞的消音器(过滤器型和烧结型)可以用汽油(或煤油)冲洗干净。FF一型(自由流动1/4")可以拧下，且可以用气压吹洗。

除使用消音器以外，排气可以由管子导出。确认管子的内径大约为进气管的两倍，否则不会是全部压力(进气口到排气口的气压差)都转化为机械能。如2.4节所述，管路的压力损失(进气管或排气管)的总和必须小于0.5 bar。排气管不得长于2 m。



$$\Delta P_{TOT} = \Delta P1 + \Delta P2$$

压力损失

#### 6.1.4 露天场合应用

在如下情况下所有F I N D E V A 振动器都可以工作于露天场合。

振动器应装于液体不能浸入的地方。若振动器只能被置于暴露于液体(雨水或其他)的地方，则应采取如下步骤：

安装振动器时应使带有消音器的排气管的排气口向下或在排气口装上排气管使排气管的排气口向下。这样可以防止液体或灰尘进入。

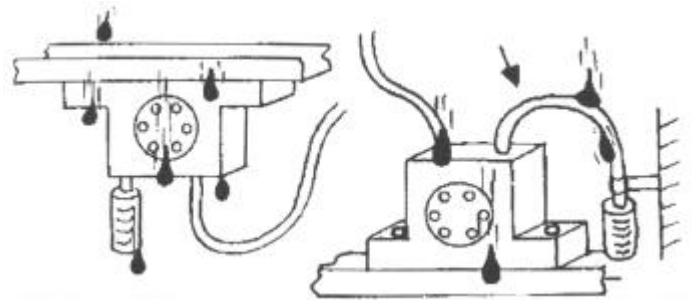


图 露天安装或暴露于液体、灰尘等

若振动器暴露于液体，而又不能采取上述步骤，则安装消音器并且保证有0.1——1 bar(15——30PSI)的持续出口压力，防止液体流入。

注意：在灰尘、液体或其它粒子(水泥粉末、腐蚀性溶液)有可能进入排气口时，未装消音器的情况下千万不要开动振动器。

#### 6.2 开机

装好振动器后就可以开机运转了。

##### 警告：

- 当人员位于振动器周围时请佩带听力保护装置。
- 应避免未装消音器的情况下开机，以尽量降低噪音(及对人耳伤害的可能性)。
- 确认油雾器(若已安装)中已注油。
- 注意最大的空气压力为7bar。
- 再次检查安装螺钉是否紧固。
- 认气压管已连到进气口。

- 安装与料斗上、料道上的振动器在料斗或料道为空的情况下不要工作，因为这样可能会引起结构损坏。
- 第一次运转时,振动器可能会在几分钟内达到标称的频率和力。这是因为在运动件表面上涂有润滑脂，在温度较低时会粘着。在工厂的最终检验时，所有的振动器都运转过几分钟，但是由于储存，机件上的润滑脂还是有可能粘着。

基于以下几个原因我们建议使振动器间歇地运转。

- 延长振动器的寿命。
- 节省费用很高的压缩空气能。
- 仅在物料需要流动时或闸门打开时，为防止料斗、料槽堵塞时才要求工作。
- 开 1 0 — 3 0 秒，停 1 — 5 分钟，被证明是最有效的工作间歇。

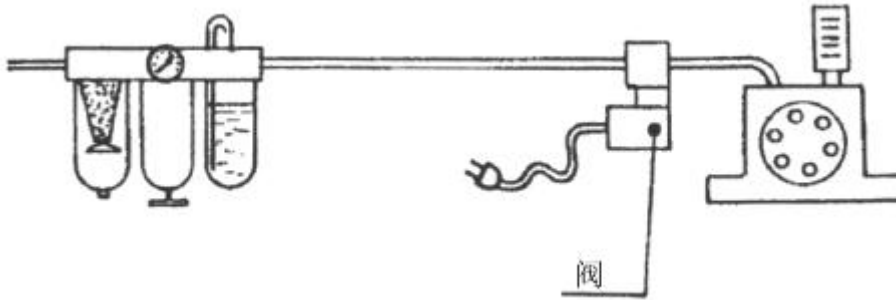


图 间歇工作

对间歇工作来说，我们建议使用由定时器或机械控制系统驱动的阀。阀应置于油雾器和振动器之间，阀距振动器越近，则间歇启动—停止的能力就越强。当阀远离振动器时，管路中的压缩空气要每次排空和充灌，这样影响启动—停止能力。

通常，我们没有必要让振动器工作于全功率下。因此我们可以通过压力调节器(减压阀)来节省压缩空气，将振动器调整到系统的共振频率。这样同样可以延长寿命。

所有振动器的频率都可以通过位于供气管路上的调压器进行控制。联接到活塞振动器排气口的 F F —消音器同样允许对振动器的振幅进行调节。

**警告：在做如下的检查时请佩带听力保护装置。**

在第一次开动振动器时先拆下排气管，使振动器工作，测量其频率和力。将排气管装上再次使其工作并作同样测量。所测值的差就是排气管上的压力或能量损失。如出现这种情况，则应增大排气管直径或减少长度。

也可以对消音器作相同的测量以检查空气流量是否足够或用来检查是否有堵塞。

若振动器不能工作或工作时的能量达不到期望值，请参看 7.2.1 节“故障检测”。