

铸造振动机械设计与应用

吴 剑 著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

铸造振动机械设计与应用/吴剑著. —北京: 化学工业出版社, 2008. 4

ISBN 978-7-122-02417-6

I. 铸… II. 吴… III. 铸造设备-机械振动 IV. TG233
TH113. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 037541 号

责任编辑: 刘丽宏
责任校对: 吴 静

文字编辑: 余纪军
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 5 字数 128 千字

2008 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

笔者从事铸造机械产品的开发研究和设计工作多年。为适应铸造生产不断发展的需要，吸收国外相关的振动机械产品的特点，开发研究设计了多种类型的振动设备，这些设备已经在多家铸造生产线上应用。

铸造行业的不断发展，对铸造机械产品提出了更高的性能要求，这就需要不断开发各种新型的、性能更好的振动机械，如不同类型的振动输送机、振动落砂机和不同工艺要求的旧砂再生振动破碎机。归纳总结不同种类的铸造实用振动机械，对进一步开发研究、设计、应用和技术提高具有重要意义。

本书针对目前铸造生产中已设计应用的振动机械，结合其振动机理、工作原理，对各类振动机械的结构特点、技术参数和用途进行了专业性的技术介绍。书中介绍的多种振动机械都是作者多年设计修改研究并借鉴国外先进设备的技术特点设计的，其中振动机械设计实例均引自笔者在相关刊物上发表的技术论文。

本书可供从事铸造生产、铸造工艺和工装、铸造车间技术改造、工厂设计及铸造设备应用等人员参考，也可供铸造方向专业院校师生、科研人员阅读。

本书得到同行业各界人士的关注和支持。特别感谢《铸造设备研究》杂志编辑部的大力支持和帮助！感谢太原科技大学王录才教授、游晓红老师的大力支持！感谢吴笑晨同志协助做了大量的文字整理工作。

限于笔者的水平，书中不当之处难免，恳请读者批评指正。

吴剑

目 录

绪论	1
第 1 章 振动机械理论	2
1.1 振动机械的一般描述及分类	2
1.1.1 惯性振动机械	2
1.1.2 振动机械分类	3
1.1.3 双轴惯性激振器动力参数形成	4
1.2 振动力学模型	7
1.2.1 单质体单轴振动	7
1.2.2 单质体平面双轴振动	8
1.2.3 单质体三维双轴振动	8
1.2.4 单质体多轴组合振动	10
1.2.5 双质体振动	10
1.3 单自由度线性振动系统	11
1.4 单自由度非线性振动系统	12
1.5 强迫、无强迫振动与自同步理论	13
1.5.1 双轴惯性振动机强迫、无强迫振动	13
1.5.2 惯性振动机自同步理论	15
第 2 章 振动机械参数	19
2.1 运动学参数	19
2.2 动力学参数	23
2.3 运动方程	26
2.4 振动方程	28
2.5 结构工艺参数	30
2.5.1 生产能力的计算	30

2.5.2	槽体断面	30
2.5.3	功率计算	31
2.6	有关常用振动参数选择	32
第3章	振动机械用途与工艺设备特性	34
3.1	振动输送机	34
3.1.1	槽式振动输送机技术参数	35
3.1.2	管式振动输送机技术参数	35
3.1.3	垂直回旋振动输送机技术参数	40
3.1.4	振动输送机设计及应用示例	43
3.2	振动给料机	45
3.2.1	槽式振动给料机	45
3.2.2	管式振动给料机	46
3.2.3	振动给料斗	49
3.3	振动落砂机	53
3.3.1	单质体振动落砂机	54
3.3.2	单质体振动落砂输送机	60
3.3.3	单质体圆振落砂机	67
3.3.4	振动脱箱落砂机	67
3.3.5	双质体振动落砂机	70
3.4	振动研磨机	72
3.4.1	圆振动研磨机	72
3.4.2	帕那型振动磨机	74
3.5	振动破碎机	77
3.5.1	单轴振动破碎机	77
3.5.2	再生式旧砂振动破碎机	77
3.5.3	搓磨式旧砂振动破碎机	79
3.5.4	陀旋式旧砂振动破碎机（轴式交叉型）	80
3.6	振动筛分机	83
3.6.1	惯性直线振动筛	83
3.6.2	椭圆振动筛	83

3.6.3	圆振筛分机	84
3.6.4	多层振动分级筛砂机	88
3.6.5	双频振动筛	88
3.7	振动沸腾冷却烘干床	91
3.7.1	振动沸腾烘干装置	91
3.7.2	振动沸腾冷却装置	93
3.8	振动紧实台	95
3.9	振动源	100
3.9.1	振动电机	100
3.9.2	振动器	100
3.9.3	双轴激振器	103
3.10	振动机械在铸造生产线上的应用	105
3.10.1	黏土砂处理工艺流程	105
3.10.2	树脂砂再生处理工艺流程	105
3.11	设计实例	106
3.11.1	30t 单质体惯性振动落砂机的设计	106
3.11.2	双轴惯性振动落砂机的设计	111
3.11.3	振实台高频微振的参数选择	114
第 4 章	振动机械弹性元件与优化设计	121
4.1	弹性元件的选用与主要特性	121
4.2	弹性元件的优化设计	122
4.2.1	刚性弹簧(钢质弹簧)	122
4.2.2	柔性弹簧(橡胶质弹簧)	125
4.2.3	隔振、减振、阻尼	135
4.3	噪声源与控制	137
4.3.1	噪声源的形成	137
4.3.2	噪声源控制	138
第 5 章	振动机械参数检测	140
5.1	振动幅值测量	141

5.1.1	直线振动振幅的测量	141
5.1.2	圆振动振幅值测量	142
5.1.3	振动载体质心前后振幅值的选择和确定	143
5.2	激振角的测量	143
5.3	振动频率的测量	144
5.4	激振力的测量	144
第6章 振动机械常见问题		145
6.1	物料偏振	145
6.2	吸振及降噪	146
6.3	抗振及耐磨	146
6.4	紧固件防松及类型	147
参考文献		148
附录 I 主要符号表		149
附录 II 铸造机械相关行业标准目录		151

绪 论

目前在铸造工程的机械化生产中，广泛使用的振动机械，如振动输送机、振动给料机、振动落砂机、振动破碎机、振动筛分机等均已成熟地在铸造生产线上获得应用，并发挥着重要作用。为了让振动机械在铸造行业中得到更好的利用和发挥，本书着重对铸造生产中广泛应用的振动机械设计及应用作详细地阐述，以促进铸造实用振动机械的进一步发展。

本书主要围绕振动机械中惯性式振动机构展开。由惯性激振形式激振的振动机构是振动机械中应用十分广泛的类型。它通过电动机带动偏心块或偏心轴回转而产生的激振力来驱动振动载体进行有目标的工作，达到预期效果。

振动机械的主体可分为三大组成部分。

① 惯性激振器：利用偏心块或偏心轴的回转产生激振力使振动载体产生持续振动的动力源。

② 振动载体或工作机体：能接受激振器激振的振动载体，以完成预期的工作目标。

③ 隔振元件：采用柔性或刚性弹簧来实现使振动载体对基础发生的动载荷降到最小。

惯性式振动机械与其他机械设备相比，具有结构简单、制作容易、能耗低、安装简便、易于优化组合等优点，在铸造生产线上有使用方便、布置灵活、便于维护检修的特点。但振动机械也存在着工作状态不够稳定、调试比较困难、动载荷较大、零部件使用寿命有限和噪声较难控制的缺点。

第1章

振动机械理论

在铸造整个生产过程中，从造型、落砂到旧砂处理各工序，用于给料、输送、筛分、冷却、落砂、破碎和振实的各类振动机械，它们的工况过程都是在物料利用振动状态的连续运动的情况下完成的，其振动机的工作原理和物料的运动机理都是密切相关的。振动机工作面的运动轨迹（运动特性）不同，其物料运动的基本状态也不相同。因此要充分了解振动机械各工序的工作原理及运动机理，对正确选取振动中运动学参数是非常重要的。铸造生产中的振动机械主要以线性的惯性振动类为主，如单轴激振型的圆振筛、研磨机椭圆筛和双轴激振型的直线振动输送机、给料机、筛分机和落砂机、破碎机等。

1.1 振动机械的一般描述及分类

振动机械是一种利用振动原理来工作的机械、机构。其门类很多，在目前振动机械产品中有机械式振动的、电磁式振动的和气冲式振动的振动机械，应用在各行各业，并在各工种工序上发挥着重要作用。而机械式振动的振动机械又有惯性式振动和偏心连杆式振动的振动机械。惯性式振动机械在铸造生产中应用深入而广泛，在铸造机械中具有一定的实用性，并且具有广泛的发展前景。我们将这类机械称为铸造实用振动机械。

1.1.1 惯性振动机理

惯性式振动机的激振源就是由带偏心块或偏心轴组成的机构，

在高速回转产生惯性离心力——激振力，来实现机械式的惯性振动。

激振源（也称激振器）可分为单轴式惯性激振器、双轴式激振器和多轴式激振器。

（1）单轴式激振器

一般由偏心块或偏心轴组成，高速回转时产生沿圆周方向变化的激振力；当轴两端偏心块具有不同安装相位时，会产生沿圆周方向变化的激振力偶。如图 1-1（a）所示。

振动电机是目前开发应用的新型单轴激振器。

（2）双轴式激振器

一般是利用两偏重轴（偏心轴或偏心块）相向回转产生的惯性离心力来实现线性振动的。其工作原理是二相向回转产生的惯性离心力，在水平方向相互抵消；而在垂直方向相互叠加，使激振器形成直线的有方向变化的激振力。同样，轴两端偏心块具有不同安装相位时，会产生周期性激振力偶。

双轴式激振器，当二轴安装位置有偏转时，形成激振方向角。不同的激振方向角，形成不同的激振效果，达到不同的振动目的。如常见的振动落砂机、振动输送机和振动落砂输送机等。如图 1-1（b）所示。

（3）多轴式激振器

常见的为四轴式、三轴式惯性激振器，可产生二种频率的激振力和不同振幅值。一般不常用在铸造生产线上，在较为复杂的多轴激振器已逐步被交叉轴式激振方式所替代。

1.1.2 振动机械分类

振动在各个领域中体现出多种形式的振动特性，其类别不外乎有周期性振动（也称简谐振动）、随机性振动（也称瞬时值不确定振动）和瞬间性振动（也称冲击振动）。

振动机械利用了振动特性而形成不同的机构类型。如机械式振动、电磁式振动和气动式振动。在振动机械中，机械式振动类型更

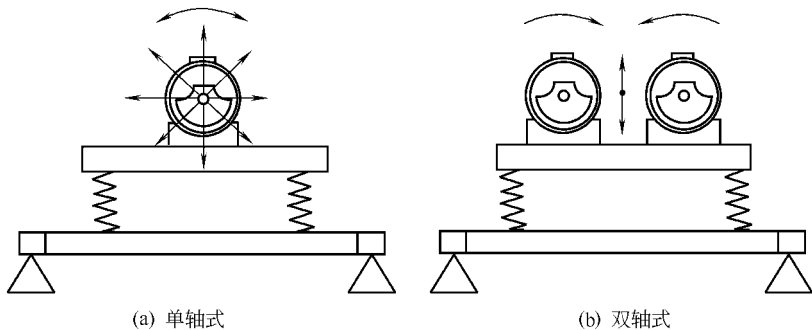


图 1-1 激振器

是普遍而应用广泛。机械式振动中可分为两大类：偏心连杆振动和惯性振动，如图 1-2 和图 1-3 所示。

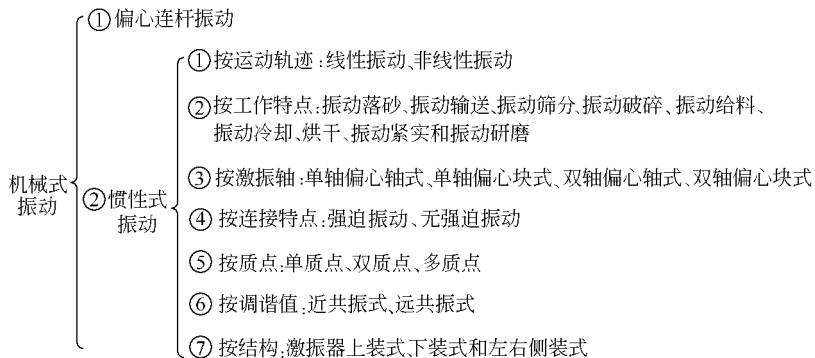


图 1-2 机械式振动分类

1.1.3 双轴惯性激振器动力参数形成

(1) 产生单向激振力的双轴惯性激振器

相同质量 m_0 的两个偏心块以 ω 的角速度同步相向回转，质体会产生单向激振力，形成双轴惯性激振器。如果初相角 φ 对称 y 轴，则沿 y 方向和 x 方向激振力可建立方程：

$$y \text{ 轴方向激振力} \quad P_y = 2m_0 r \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

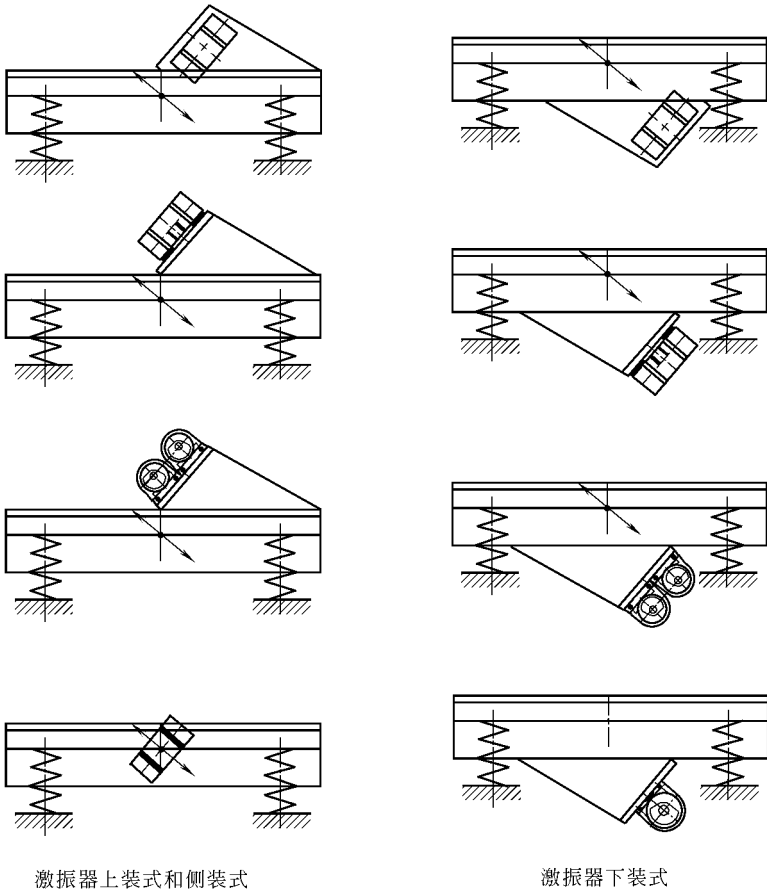


图 1-3 激振器安装形式分类

x 轴方向激振力 $P_x = 0$

见图 1-4。

分别形成四个特殊角位置情况见图 1-5。

(2) 双轴惯性振动机单向激振的力学模型

见图 1-6 使系统相向回转同步的方式有两种：其一，强迫振动，机体振动的线性状态很好，呈直线运动轨迹；其二，采用无强迫振

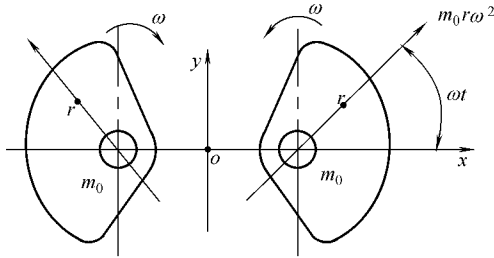


图 1-4 激振力 (1)

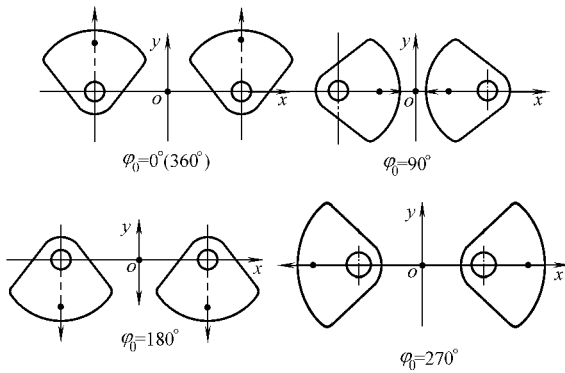


图 1-5 激振力 (2)

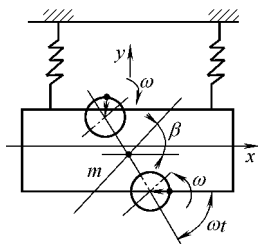


图 1-6 双轴惯性振动机
单向激振的力学模型

动，可利用二台同极同型号异步电机带动，之间无任何机械联系。由力学的质心守恒原理使二轴自动保持相向同步回转，达到线性振动目的。但由于二台电机驱动力矩的差异和二台激振器回转摩擦阻力矩的不同，振动机的运动轨迹出现轻微差异，呈现一种非线性状态，近似于直线的椭圆运动轨迹。

从同步性条件和稳定性条件上分析，两激振电机的距离越大，其两电机的驱动力矩差越小；两台激振器摩擦阻力矩差越小，越容易追随同步。

激振器偏转式自同步双轴惯性振动机，虽然有力矩作用，但对

振动系统的摆动不大，可近似按产生单向激振力双轴惯性激振器的设计程序设计。各类惯性振动落砂机、振动落砂输送机的差别，就在于振动方式和振动偏转形成的不同而设计应用的，见图 1-7。

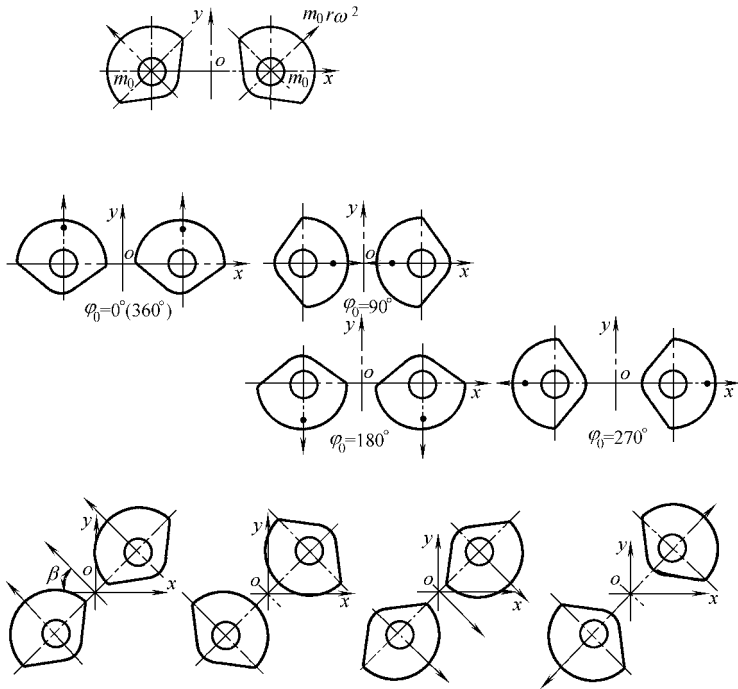


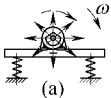
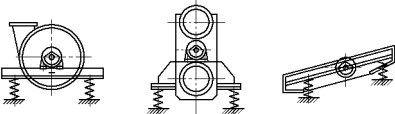
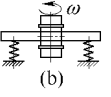

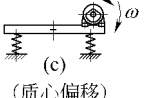

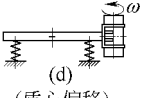
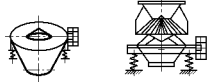
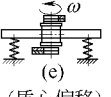
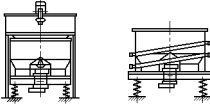
图 1-7 振动方向的差别示意

1.2 振动力学模型

1.2.1 单质体单轴振动

单轴式惯性激振器所产生沿圆周方向变化的激振力，激振力通过质心，其类型如表 1-1 所列。

表 1-1 单质体单轴振动

振动模型	振动载体简化图	名称
 <p>(a)</p>		垂直圆振 (基本)型
 <p>(b)</p>		水平圆振 (基本)型
 <p>(c) (质心偏移)</p>		垂直椭圆振 (衍生)型
 <p>(d) (质心偏移)</p>		水平椭圆振 (衍生)型
 <p>(e) (质心偏移)</p>		三维陀螺旋振 (衍生)型

1.2.2 单质体平面双轴振动

双轴式惯性激振器：相向回转，可产生沿叠加线性变化的激振力，并有自动追同步机理；激振力通过质心，也有实现偏转的要求，见表 1-2。

1.2.3 单质体三维双轴振动

双轴式交叉安装的惯性激振器，当它们作等速反向回转时，将产生垂直方向的激振分力，使振动载体作垂直振动；同时还产生绕垂直轴线的激振力偶，使振动载体作扭转振动。这两种振动的运动合成，形成振动载体的陀螺旋振动，具有螺旋式的运动轨迹。见表 1-3。

表 1-2 单质体平面双轴振动

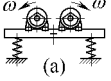
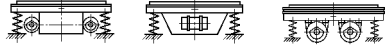
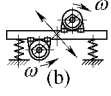
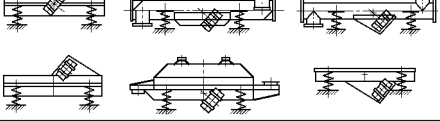
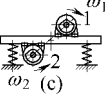
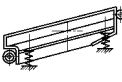
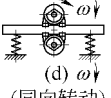
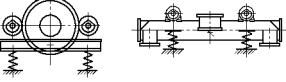
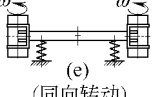

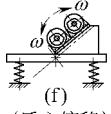
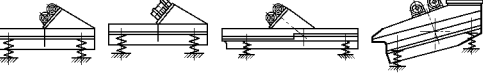
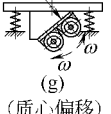
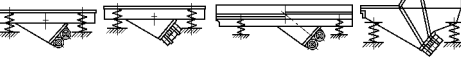
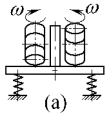
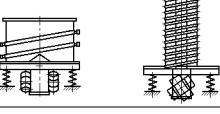
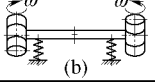

振动模型	振动载体简化图	名称
 <p>(a)</p>		直线振 (基本)型
 <p>(b)</p>		偏转直线振 (衍生)型
 <p>(c)</p> <p>(质心偏移)</p>		偏转双频振 (衍生)型
 <p>(d)</p> <p>(同向转动)</p>		垂直圆振 (衍生)型
 <p>(e)</p> <p>(同向转动)</p>		水平圆振 (衍生)型
 <p>(f)</p> <p>(质心偏移)</p>		偏转上激振 (衍生)型
 <p>(g)</p> <p>(质心偏移)</p>		偏转下激振 (衍生)型

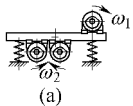
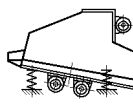
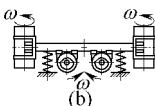
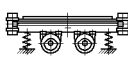
表 1-3 单质体三维双轴振动

振动模型	振动载体简化图	名称
 <p>(a)</p>		陀螺振 (基本)型
 <p>(b)</p>		陀螺振 (衍生)型

1.2.4 单质体多轴组合振动

利用三轴、四轴式安装的惯性激振器，分别按不同的激振合力的变化而改变对振动载体的振动方向，而达到不同的利用效果，见表 1-4。

表 1-4 单质体双轴组合振动

振动模型	振动载体简化图	名称
 <p>(a)</p>		三轴 组合振型
 <p>(b)</p>		四轴 组合振型

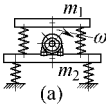
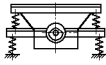
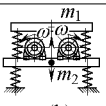
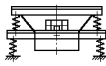
1.2.5 双质体振动

双质体惯性振动是在单质体的结构基础上，增加一组隔振底座；底座的质量应大于振动质量的 2~3 倍左右。底座被支承在弹簧或橡胶缓冲板上，与地基基础隔离。使隔振底座的自振频率远低于激振频率。从而达到振动系统产生的强大激振力对地基基础的影响力明显减少，而振动系统受载荷变化的影响较小，振动效果不会改变。

对大型振动机有较大激振力的振动系统，采用双质体惯性振动机构，就在于降低对地基的要求。

双质体振动见表 1-5。

表 1-5 双质体振动

振动模型	振动载体简化图	名称
 <p>(a)</p>		单轴振动
 <p>(b)</p>		双轴振动