

目录

绪论	1
1 ZG系列电机振动给料机的特征概括	
1.1 用途.....	2
1.2特点	2
1.3分类	2
1.4主要组成部分	2
1.5选型说明	3
2. 工作原理和结构分析	
2.1结构分析	4
2.2工作原理	4
3. 振动参数的确定	
3.1运动学参数	5
3.1.1 振幅 A	5
3.1.2 机械指数K	5
3.1.3 激振频率f	6
3.1.4 振动方向角	6
3.1.5 抛掷指数D	6
3.2振幅	6
4. 物料在槽体上的运动情况分析	
4.1 运动分析.....	9
4.2常有振动机的振动参数	11
4.3物料的平均速度	12
5. 槽体尺寸参数的确定	
5.1给料能力与给料槽体尺寸的确定	14

5.2槽体型式和刚度要求	14
5.2.1槽体的结构	14
5.2.2槽体刚度的计算	15
5.2.3 槽体尺寸的确定	19
5.2.4物料的等效参振质量和等效阻尼系数的确定	19
6悬挂设计（弹性元件选取和弹性系统的计算）	
6.1弹簧元件的类型和用途	21
6.2弹簧元件的组合刚度	22
6.2.1螺旋弹簧	23
6.3圆柱形螺旋弹簧的自振频率	26
6.3.1 未受载荷的自振频率	26
6.3.2受载荷的弹簧自振频率	26
6.3.3圆柱螺旋弹簧的许用应力	27
6.3.4螺旋弹簧的校核计算	28
6.4设计计算振动给料机的弹簧	31
6.4.1振动系统的质量计算	31
7振动电机的选取及其确定	
7.1激振力和功率	35
7.2传动基础的动载荷	36
8安装、使用及维护条件	
8.1安装及调试	37
8.1.1安装前的准备	37
8.1.2 安装	37
8.1.3 试运转	37
8.2操作使用要点	38
8.3维护和检修	38
8.3.1日常维护	38
8.3.2 定期检查	39

8.3.3 修理	39
9 结束语	40
10致谢	41
11参考文献	42

摘要

ZG系列电机振动给料机是一种新型的运输设备。它广泛应用于矿山、冶金煤炭、火电、耐火、玻璃、建材、轻工、化工、机械，粮食等各行各业中。

本课题主要完成了 ZG200型振动给料机的总体设计，包括机械的尺寸设计、机械的主要零件和组成部分在机体结构上的位置设计、激振源的确定及计算、悬挂弹簧的设计和机械结构的动力学分析，包括机械运动学参数的确定、物体在槽体上运动情况的分析、动力学模型的确定等任务。另外本课题还介绍了它的安装使用及维护等技术条件

关键词： 振动给料机 总体设计 动力学分析



Abstract

ZG series of electrical vibration feeder is a new type of transport equipment. It widely used in mining, metallurgy, coal, thermal power, fire-resistant, glass, building materials, light industry, chemical industry, machinery, food, etc. in all walks of life.

The completion of the main topics of vibration feeder ZG200 the overall design, including the size of mechanical design, mechanical parts and the main component of the body structure on the location of the design, and identify the source of excitation, the design and the hoisting of spring Dynamic Analysis of mechanical structure, including mechanical parameters of kinematics, object in the slot on the movement of an analysis of the situation, the dynamic model of the set tasks. . Also in this issue also introduced its installation and maintenance, and other technical conditions.

Keywords, vibration feeder overall design dynamic analysis

绪论

本次设计是在毕业之前所有的专业课程结束的前提下进行的，课题的提出是有老师下发设计题目，学生自主选择的原则下进行，经学生和指导老师协商，确定为本次的设计任务为ZG系列振动电机型振动给料机的设计，处理能力是每小时200吨。

导师付靖老师从事振动给料机和筛分机设计工作多年，有较深厚的设计经验。新乡-学校坐落的美丽的城市，在振动机械方面处于领先水平，并在这里起草了中国振动机械设计手册的编制工作。基于以上原因，我们把毕业设计定格为振动机械的设计。

本次设计是在专业课程结束的基础上，对所学习的理论知识应用和总结，能够用于实际的设计工作之中，为以后我们走向工作岗位打下坚实的理论基础和实践经验。

本次设计主要完成振动给料机总体设计，包括机械的尺寸设计、机械的主要零件和组成部分及在机体上结构位置设计、激振源的确定及计算（振动电机）、悬挂弹簧设计、机械结构的动力学分析，包括机械的运动学参数确定（振动方向角、振幅、振动圆频率等）、物体在槽体上的运动情况分析、动力学模型确定及动力学分析、安装、使用及维护、技术条件等任务。

在设计过程中首先完成振动给料机的总体设计，依据处理量和工作原理，确定机械参数、槽体设计几何尺寸、振动电机功率的计算和型号的选取、悬挂弹簧的设计和槽体、弹簧强度的校核；最后，完成振动给料机的安装、使用、维护等技术条件的说明。

1. ZG系列电机振动给料机的特征概括

1.1用途:

ZG系列电机振动给料机广泛用于矿山、冶金、煤炭、火电、耐火、玻璃、建材、轻工、机械、粮食等行业中，用于把粉状、颗粒状及粉体物料从贮料仓或其他贮料设备中均匀或定量的给到受料设备中。例如向破碎机、分选设备、筛分设备、运输机械等输送散状物料。并可用于自动配称、定量安装、自动控制的流程中，实现流水作业自动化。

1.2特点:

ZG系列电机振动给料机是一种新型给料设备，其它给料设备相比具有以下特点：

- (1) 体积小、重量轻、结构简单、安装方便、维修少，费用低；
- (2) 利用特制振动电机自同步原理，工作稳定、启动迅速，停车平稳；
- (3) 物料按抛物线轨迹连续向前跳跃运动。因此给料槽磨损较小；
- (4) 因为可以瞬时的改变和启闭料流，所以给料量有较高的精度；
- (5) 本系列电机振动给料机不适合于有防爆要求的场合。

1.3分类:

按照不同的分类方法，可以将振动给料机分成许多类型。

按照物料输送方向的不同，可分为水平型振动给料机和垂直型振动给料机两大类。

按照其驱动方式不同，可分为电磁、气力、液压和机械振动给料机；机械振动给料机使用较多，又可分为惯性振动给料机和偏心连杆振动给料机。

1.4主要的组成部分:

激振器——振动给料机的振源，它产生激振力的大小直接影响着承载体的振幅。

承载体——在振动过程中，将能量传给物料，又是参振质体，其质量是振动系统中的重要参数，承载体还必须具有足够的刚度和强度。

减振支承——既是整机的支承装置，又作减振用。

1.5选型说明:

(1) 使用条件海拔高度不超过1000m; 环境温度不超过40, 在环境温度为 0 (20 5)时, 周围介质的相对湿度不大于85%, 周围没有严重腐蚀及影响电气绝缘的介质。

(2) 生产效率振动给料机的生产效率常以松散密度 $1.6\text{t}/\text{m}^3$ 的河沙为标准物料, 当所运物料的松散密度和粒度大于河沙时, 其生产效率与松散密度成正比来计算, 当所运物料的松散密度和粒度小于河沙时, 其生产效率与松散密度成正比来计算成绩的0.8~0.9倍, 当所运物料为颗粒或粉末状时, 其生产效率与松散密度成正比来计算成绩的0.5~0.7倍。

(3) 物料的最大进料粒度

一般情况下, 为防止造成堵塞, 物料的最大线形尺寸为槽宽的 $1/3\sim 1/4$ 尤其对封闭的槽体更要注意。

(4) 起跳频度 所谓频繁起动, 一般指每两次起动时间间隔小于2min, 如果小于2min, 应选择1号或2号的振动电机。

2. 工作原理和结构分析

2.1 结构分析:

ZG系列电机振动给料机有给料槽1传振体2振动电机3减震装置4四部分组成。见图2-1

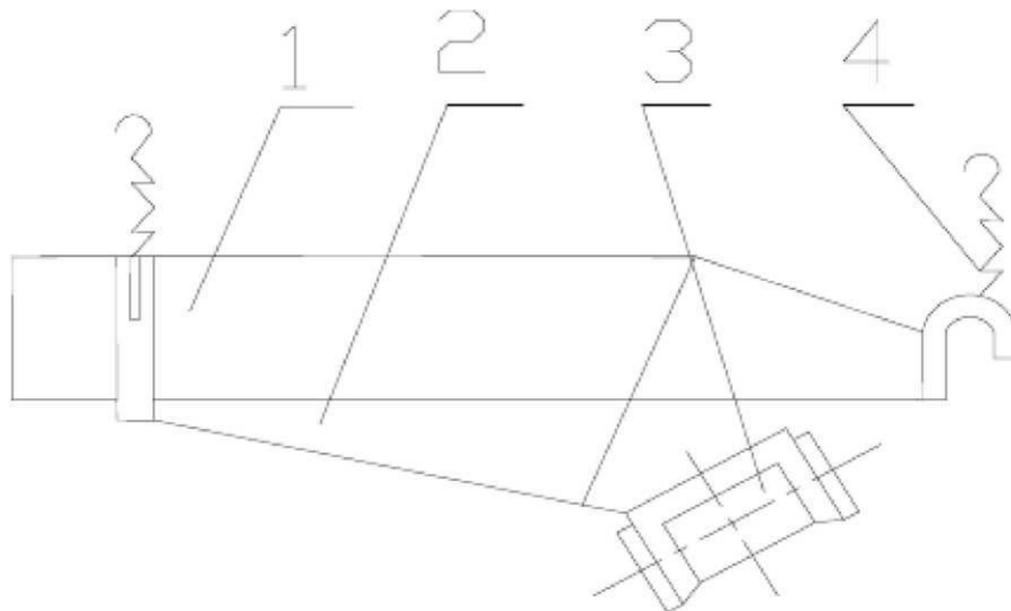
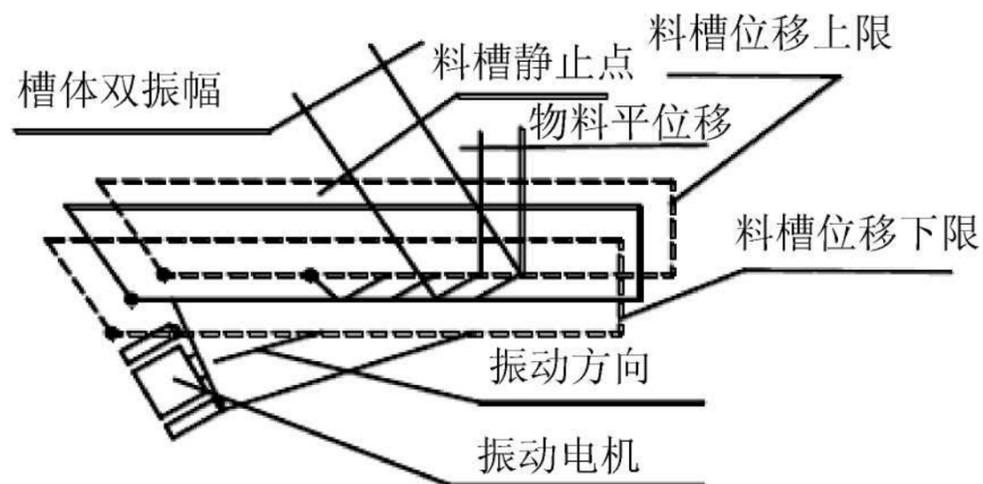


图2-1振动给料机的组成部分

2.2 工作原理

ZG系列电机振动给料机给料过程是利用特制的振动电机驱动给料槽沿倾 方作用周期直线往复振动来实现的，当给料槽振动的加速度垂直分量大于重力加速度 时，槽中的物料将被抛起，并按照抛物线的轨迹向前跳跃运动。抛起或下落在1/50 秒内完成。由于振动电机的连续激振动，给料槽连续振动，槽中的物料则连续向前 跳跃，以达到给料的目的。其给料过程如图2-1所示：



3. 振动参数的确定

说明：在重有色金属冶炼过程中，所产生的高温物料采用振动输送、筛分和给料，是行之有效的方法之一。它具有工作可靠，结构简单，能耗低等一系列优点。通常在工程设计中，除采用单质体振动设备外，还有采用双质体的呈抛掷状态的振动设备。振动参数有运动学参数和动力学参数。

3.1 运动学参数

运动学参数有激振频率、振幅、振动方向角、机械指数、抛掷系数和运动速度等。

3.1.1 振幅A

A的取值范围因激振机构不同而异，通常对于惯性驱动机构（偏心块激振器）宜采用中频中幅，即 $A=0.5-6\text{mm}$ ，我们在这里取 5mm 。

3.1.2 机械指数K

机械指数亦称动力强度指数，它是承载槽体运动的最大加速度 X_{\max} 与重力加速度 g 的比值，即

$$K = \frac{4\pi^2 f^2 A}{g}$$

式中 $\omega=2\pi f$ ，为使设备运行可靠及延长其使用寿命，对于常用惯性振动设备取 $K=3\sim 5$ ，较为适当。由于机械指数受材料强度与起决定性作用的惯性力大小限制。所以本次设计选取机械指数 $K=4$ 。

输送物料的运动情况主要取决于垂直加速度的大小。槽体最大垂直加速度与重力加速度的比值称为抛料指数D。

$$D = \frac{4\pi^2 f^2 A \sin^2 \alpha}{g}$$

抛料指数与机器指数有如下关系：

$$D=K\sin 5$$

周期性跳跃过程的抛料指数D在1.0~3.3之间。

3.1.3 激振频率 f

当机械指数 K 和振幅 A 值确定以后由 $f = \left(\frac{gk}{4\pi} \sqrt[2]{A} \right)$, 求出激振频率。推荐取值

范围为: $f = 10 \sim 25 \text{ Hz}$ 相当于 $600 \sim 1500 \text{ 次/min}$. 有 $K=4$, $A=5 \text{ mm}$ 得到

$$\frac{Dg}{4\pi \sqrt[2]{A}} = \frac{\sqrt[2]{4 \times 9.8}}{4 \times 3.14 \sqrt[2]{5 \times 10^{-3}}} = 14 \text{ Hz}$$

3.1.4 振动方向角 δ

振动方向角大小取决于设备用途和物料性质。为提高输送速度, 最佳振动方向角与机械指数相对应:

当 $K=3$ 时, $\delta = 26 - 36$

当 $K=4$ 时, $\delta = 30 - 60$

对于惯性驱动机构或振动频率大于 1000 次/min , 取 $\delta = 20 - 30$ 。本次设计取 $\delta = 45^\circ$ 。由 $D = K \sin \delta$, $K=4$ 可得 $D=2.83$

3.1.5 抛掷指数 D

它是承载槽体最大加速度垂直分量与重力加速度 g 之比即:

$$D = \frac{Aw \sqrt[2]{2} \sin \delta}{gC^a}$$

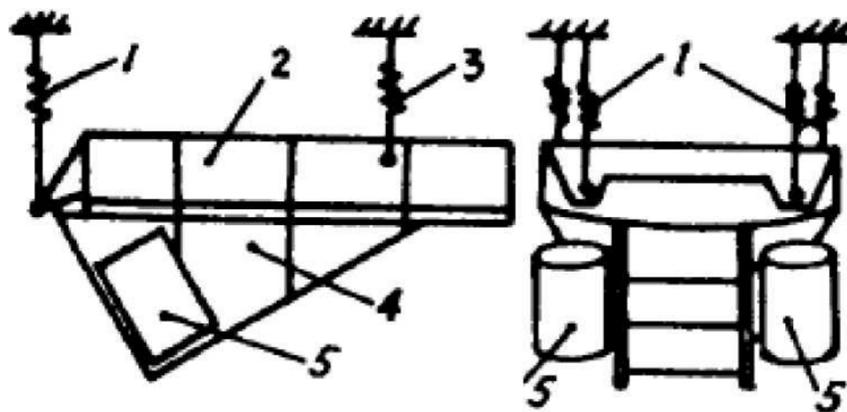
式中 a 是振动设备的倾角。

为使输送物料呈微抛物状态滑行。一般取 $1 < D < 3.3$ 。

3.2 动力学参数

动力学是指振动力与运动之间的关系。动力学参数通常有^[1]: 参振质体的计算质量. 自振频率. 调谐比 (频率比) 弹簧刚度. 激振力. 驱动功率和传至基础的振动力 等。在满足运动学参数的前提下, 根据设备振动系统模型受力状况建立质体振动微分方程, 在此基础上导出振幅. 自振频率, 确定调谐比和弹簧刚度, 计算系统阻尼 和功率消耗。在进行弹性构件. 激振构件的结构设计, 计算功率消耗, 并选择电机。

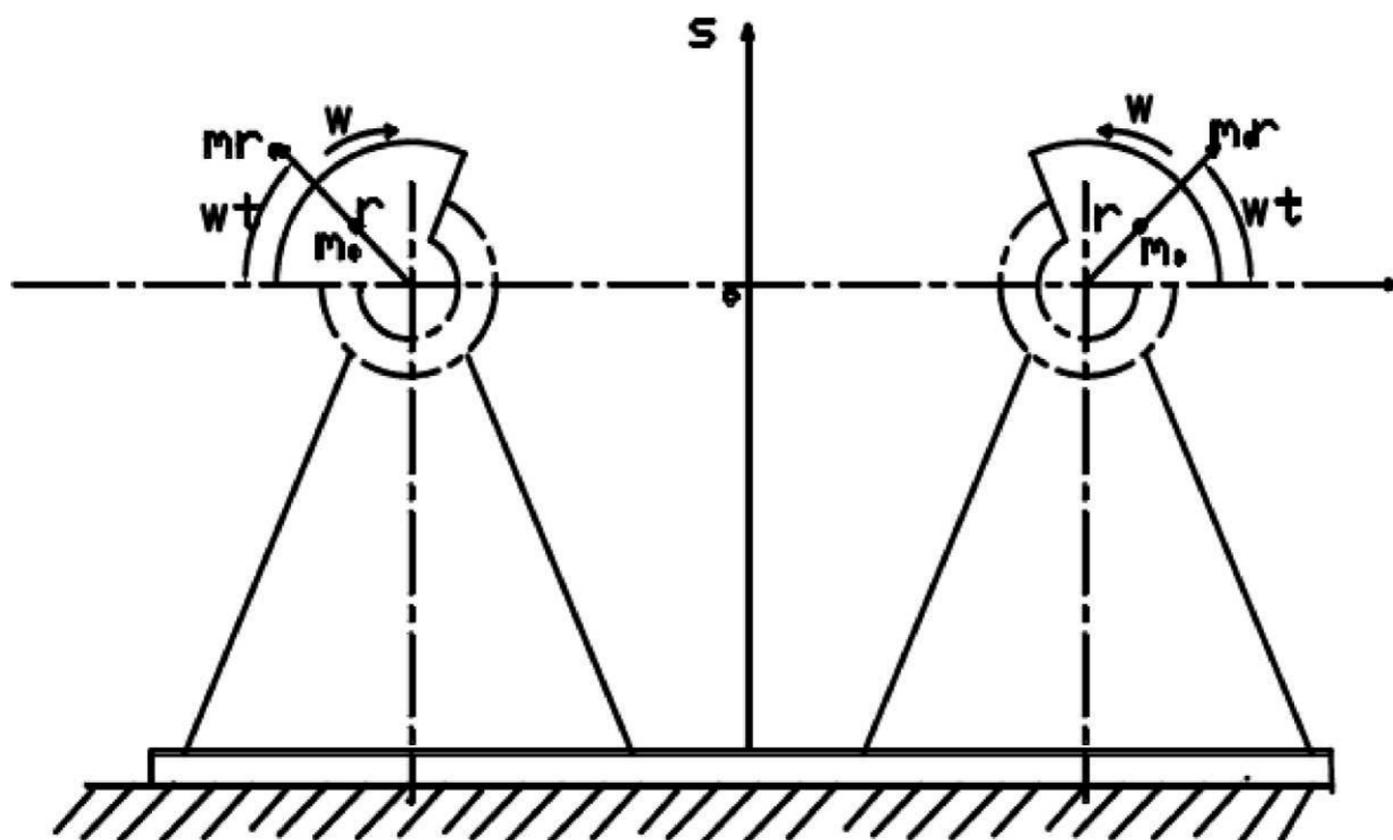
机械的主要零件. 组成部分及在机体上的结构位置如图3-1



1后M振弹簧 2—给料槽体 3前凌振弹簧
4推力板、振动电机

图3-1振动给料机结构图

由两台振动电机驱动的双电机自同步式振动给料机，目前有两种结构形式。下图为双机竖置式，即两台振动电机的转子轴线均与水平面成一定角度。这种结构形式的给料机其结构原理是：相同大小的两组偏心块分别安装在电机转子的两端，每台给料机有两台相同规格型号的振动电机，根据一定的力学原理，实现反向等速回转，可以产生周期性变化的定向激振力，使机器进行振动，在振动作用下，物料将连续不断的向排料口流动，从而完成输送给料要求。力学原理如下所示，图3-2-a所示为产生单向激振力的双轴惯性激振器



3-2-a产生单向激振力的双轴惯性激振器

质量为 m_0 的两偏心块以 ω 的角速度的同步反向回转，如果初相角中对称 s 轴，则沿 s

方向和 e 方向的激振力为:

$$P = 2m r\omega^2 \sin \omega t$$

$$P = 0$$

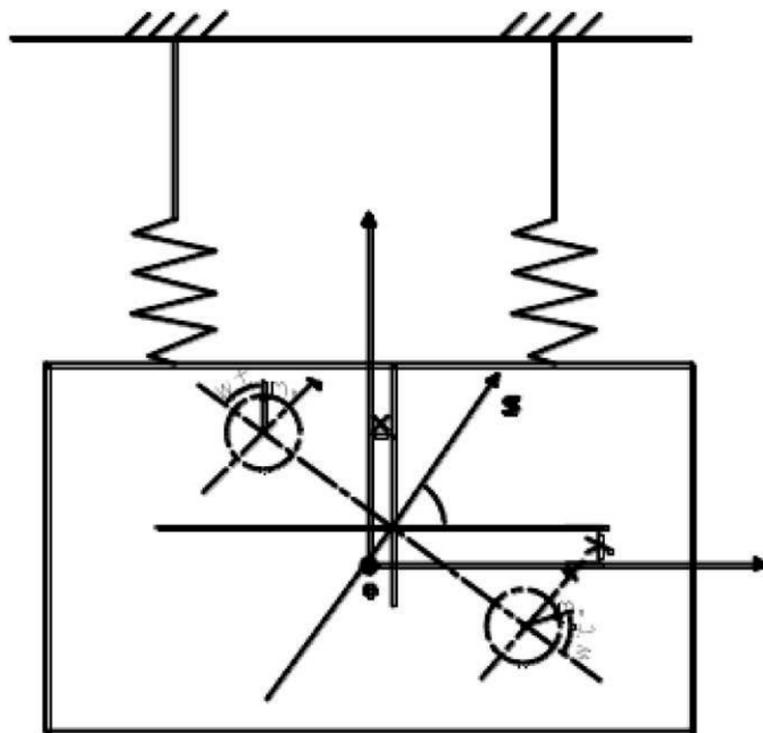
单向激振力 P 作用于图3-2-b所示:

振动机机体的质心, 将使机体产生沿 s 方向的直线振动。因阻尼系数 $C = m\omega$, 隔振弹簧沿 s 方向刚度 $K = m\omega^2$, 偏心质量 $m'' = m$, 在忽略阻尼、隔振弹簧和偏心块质量对振动影响的条件下, 机体的振幅: $A = \frac{L}{2}$

m

且 $P_x = P \sin \delta, P_y = P \cos \delta, A_x = A \sin \delta, A_y = A \cos \delta, A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$

使两偏心块同步反向回转的方法: (1) 用传动比为1的一对外啮合齿轮强迫实现, 机体振动的直线性很好; (2) 激振器的两轴分别由两台同型号的异步电动机带动, 必须保证无任何机械联系, 有力学的质心守恒原理使两轴制动保持反向同步回转, 结构简单, 但由于两台电机驱动力矩的差异和两激振器回转摩擦阻力矩的不同, 振动机的运动轨迹可能出现轻微的椭圆。



3-2-b单向激振力双轴惯性振动机力学模型

4. 物料在槽体上运动情况分析

4.1 运动分析

给料槽体做简谐运动, 槽体内的物料和槽体的受力情况如图4-1所示:

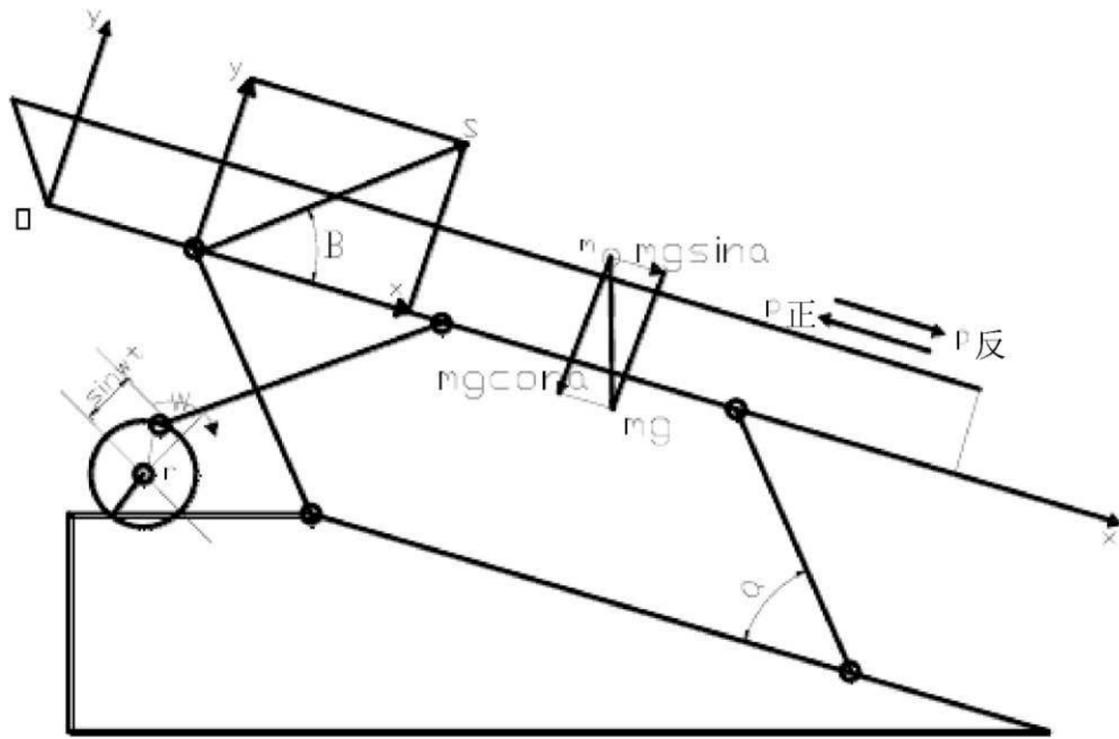


图4-1槽体受力图

根据出现滑行运动的受力平衡条件可推出正向滑动（相对工作面沿x方向前进）的条件为正向滑行指数 $D_p > 1$ ：

$$D_p = \frac{2x \cos(R - \delta)}{g \sin(R - \alpha)}$$

而反向滑动的条件是反向滑行指数 $D_p > 1$ ：

$$D_p = \frac{2x \cos(R + \delta)}{g \sin(R + \alpha)}$$

式中 $\tan \alpha = f_0 a < 1$ - 槽面与水平面夹角；

δ - 振动方向角，即振动方向线与输送槽面夹角；

R_0 - 静摩擦角， $\tan R_0 = f_0$ ；

f - 物料与槽面摩擦系数；

按滑行原理工作的振动机械，大多采用 $D_k > 1$ 、 $D < 1$ ；对于少数振动机械，如槽式振动冷却机、低速振动筛，采用 $D > 1$ 、 $D > 1$ 状态工作。

对于物料运动轨迹相对于槽面近于直线振动输送机，即以滑行为主的输送机，在设计中，首先根据工作要求、物料情况，选定 D_p 、 D_k 、 α 的具体数值，在进行如下计算：

(1) 振动方向角 δ 本次设计取 45 度。

(2) 物料抛掷指数 D 由公式 $D = 4 \sin^2 \delta$ 可知 $D = 4 \sin^2 45^\circ$ 得 $D = 2.83$ 。

若给料槽体做简谐运动 $s = A \sin \omega t = A \sin \omega t$ 由动力平衡方程可得：

$$N = mg \cos \alpha - ms \sin \delta$$

如果物料在输送过程中被抛离了工作面，则瞬时正压力 $N=0$ 。工程上把

$ms \sin \delta$ 的幅值和 $mg \cos \alpha$ 之比称为物料抛掷指数D, 即:

$$D = \frac{A \omega^2 \sin \delta}{g \cos \alpha}$$

上式中 $D=2.83$ 、 $A=0.005m$ 、 $\delta = 45^\circ$ 、 $\omega = 98.99$ 。

可得 $\alpha = 0^\circ$ 即槽体倾角为水平设置。

对应物料开始出现抛掷运动瞬时，槽体振动的相位角称为抛始角 α_0 ，即:

$$\alpha_0 = \arcsin -D = \arcsin -0.8 = 20.7^\circ$$

在该瞬时之前，物料和工作面沿着y方向是一起运动的；在该瞬时之后，物料

抛离工作面，在重力作用下在空中做抛物运动， $y = -g \cos \alpha + A \omega^2 \sin \delta \sin \theta$ 中，积分两次得到相对位移 $y = \frac{1}{2} g \cos \alpha t^2 - A \omega^2 \sin \delta \sin \theta t^2$ 的表达式，当相对位移 y 等于零时，物料重新落至槽体，抛掷运动终止。此时槽体的相角 $\theta = \alpha_1$ ，称也为抛止角。当 $\alpha_1 = \alpha_0$ 时，称气为抛离角。抛离角 α_1 和抛始角 α_0 的关系:

$$\cot \alpha_1 = \frac{A \omega^2 \sin \delta}{g \cos \alpha}$$

物料抛掷一次的时间与机体振动周期之比称为抛离系数， $\lambda = \frac{t}{T}$ 。

$$\lambda = \frac{2 \alpha_1}{\pi}$$

抛离系数 i_d 和抛掷指数D的关系:

$$i_d = \frac{2\pi \cdot 2i_d^2 + \cos(2\pi i_d) - 1}{2K i_d - \sin(2K i_d)}$$

i_d 的值可以根据给定D值按上式求得，也可以从图4-2中查得:

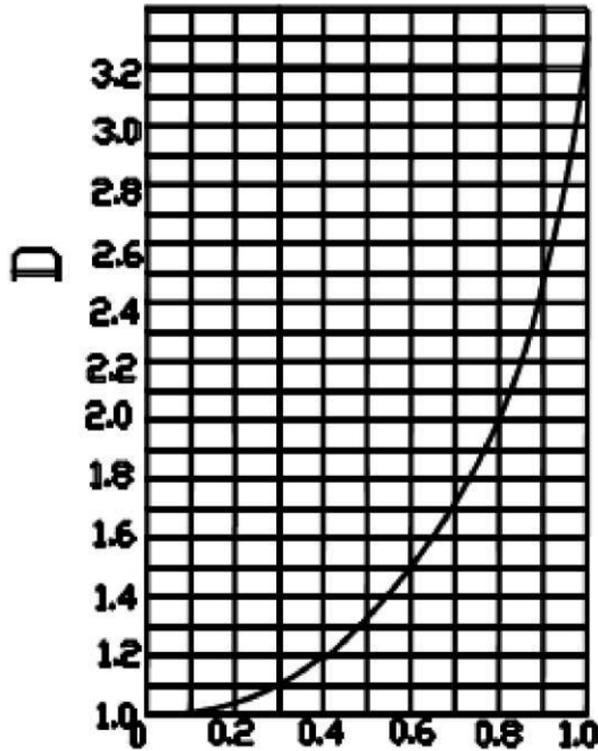


图4-2抛掷指数D与抛离系数的关系

当 $D < 1$ 时，物料相对槽体静止或只作滑动；当 $D > 1$ 时，物料相对槽体的运动状态以抛掷运动状态为主，这样可以降低物料运动的阻力和减少物料对槽体的磨损，但抛掷运动过于激烈又易使物料破碎或使输送状态不稳。一般取 $1 < D < 3.3$ ，因为在这样的条件下，在机体的一个振动周期内，物料完成一次抛掷运动工作状态稳定。因此说计算的 $D = 2.83$ 符合工作要求的条件。

4.2常用振动机的振动参数

表4-1振动参数

激振形式	惯性式			弹性连杆式	
	用途	用途	用途	用途	用途
	输送	筛分和给料	成型密	输送	筛分

		长距离	上倾	下倾			实 落沙清 理		
参 数	频率 f / Hz	12 - 16					25 - 30	15 - 16	
	振幅 B / mm	5 - 6			3 - 6	3 - 5	0.8 - 1. 2	5 - 15	6 - 9
	方向角 $\delta / (^\circ)$	20 - 3 0	20 - 5 0	20 - 30		30 - 60 多用 45	90	25 - 35	30 - 6 0 多用 45
	倾角 $\alpha / (^\circ)$	0	-3 - - 8	5 - 15	12 - 20	0 - 10	0	0 - 10	0 - 10

常用振动机的振动参数可由表4-1选取。

4.3 物料平均速度

$$v = \frac{C_a C_h C_w}{\pi} g i^2 \cos \alpha \quad (\text{以 } m/s \text{ 计})$$

① $\sin \delta$

式中各影响系数可由表4-2查得：

表4-2 倾角影响系数

倾角 $\alpha / (^\circ)$	-15	-10	-5	0	5	10	15
C_a	0.6-0.8	0.8-0.9	0.9-0.95	1	1.05-1.1	1.3-1.4	1.5-2

料层厚度影响系数

料层厚度	薄料层	中层厚度	厚料层
C_h	0.9-1	0.8-0.9	0.7-0.8

注：通常筛分为薄料层，振动输送为中料层，振动给料为中厚或厚层。

物料性质影响系数

物料性质	块状物料	粒状物料	粉状物料
C_m	0.8-0.9	0.9-1	0.6-0.7

滑动运动影响系数

抛掷指数D	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3
C_w	1.18	1.16	1.15	1.1-1.15	1.05-1.1	1-1.05	1

注：物料平均运动速度是按抛掷运动进行计算的，在一个振动周期中除完成一次抛掷运动外还伴随着一定的滑行运动。

由上表可选取参数为 $C^w=1$ ； $C^m=0.8$ ； $C=1$ ； $C=1$ 。

由上式可计算平均速度 v_m ：

$$v_m = \frac{C_w C_m C C C \frac{g d \cos \alpha}{2}}{\sin \alpha} = 1 \times 0.8 \times 1 \times 1 \times \frac{3.14 \times 9.81 \times 0.922 \times \text{履}}{99 \times \text{矣}} = 0.21 \text{m/s}。$$

5. 槽体尺寸参数的确定

5.1 给料能力与给料槽体尺寸的确定

振动给料机的生产能力:

$$Q = 3600hbv_p \quad (t/h) \quad (5-1-1)$$

式中h——料层厚度, m

b——槽体的宽度, m

p——物料松散密度, t/m^3

v——物料平均速度, m/s

5.2 槽体型式和刚度要求

5.2.1 槽体的结构

按槽体结构可分为单一型和组合型两类。常用断面形状为矩形、圆形, 梯形。为了加强槽体刚度, 常把槽体断面做成波折或弧形, 并将槽体卷边。只有在输送物料, 要求隔热、筛分、加热或冷却时, 才采用组合型。本次设计采用矩形槽。

型式如图5-1:

5-1 矩形槽结构示意图

槽体一般是用钢板焊接而成, 分为敞口和封闭两种槽形^[2], 也可以用管式输送槽。两台振动电机对称于输送槽的纵向对称平面, 直接固定在给料机的两侧。两振动电机作同步反向运转, 所产生的激振力垂直于两振动电机轴心线所形成的平面, 使槽体沿激振力方向产生直线振动。

该种振动给料机一般在远超共振状态下工作。隔振比为5~8。其安装方式有座式和吊式两种。主要特点是结构简单、安装、调试、维护方便。运行参数稳定、噪

音低、传递给基础的动载荷小。并且由于振动电机激振力可以任意调节，因而可以

方便的调节输送量。该种振动给料机的主要不足是单机输送距离不宜过长。

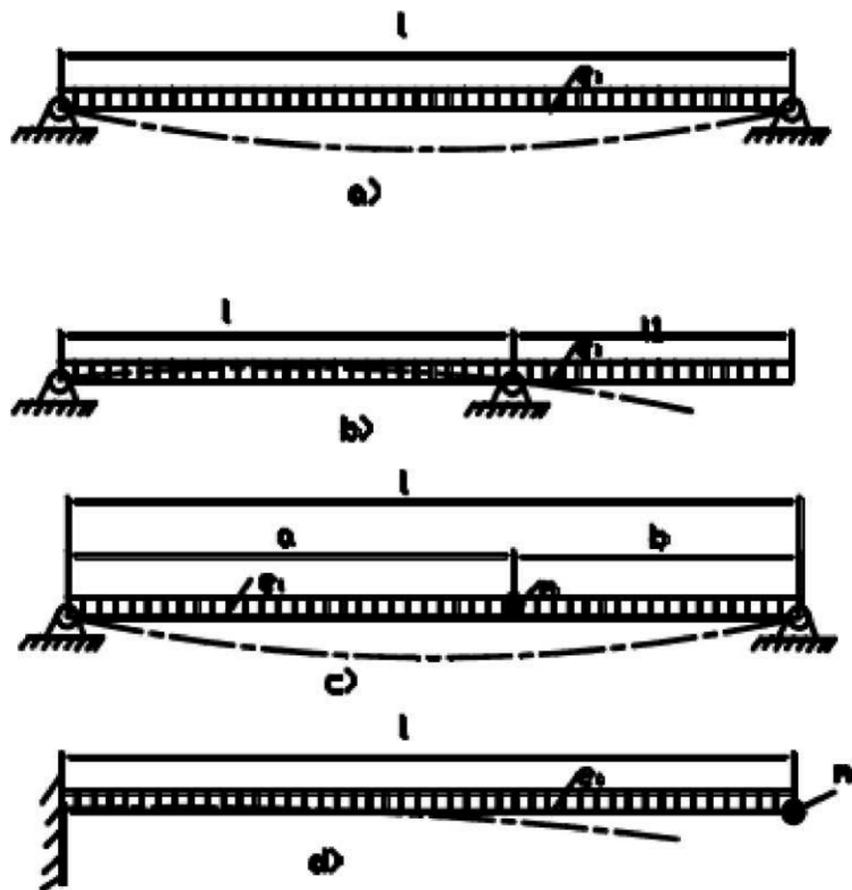
双质体共振式振动给料机的特点是所需要激振力较小，通常为非振类振动给料机所需激振力的 $1/2\sim 1/4$ ，该类振动给料机的激振源在共振质体上的安装形式有多种。但总体外形结构均类似于偏心连杆振动给料机。

又多数槽体是压制而成，一般采用Q235-A钢板，或采用16Mn低合金钢钢板，厚度3-8mm为减少惯性力应尽量减轻槽体质量，再用肋板加强。材质应用镇静钢，而不应用半镇静钢。否则，由于振动产生的载荷，在工作过程中焊缝很易断裂。当输送磨损性大的物料时，在槽体内侧和底部可加焊钢版，也可粘贴已成橡胶板或耐磨朔料板。当物料有腐蚀性时，可以喷镀一层有防腐性能的金属或非金属材料。当输送高于250cc的物料时，在无冷却措施情况下，槽体应采用耐热钢板或型钢。

5.2.2槽体刚度计算

计算槽体刚度，目的是测知它的固有频率。当激振频率接近或等于槽体的固有频率时，就会使槽体产生共振或接近共振，从而使槽体的弯曲振幅显著增大而加速槽体的破坏^[3]。故设计槽体时，不仅应满足槽体的许用强度条件，更重要的是要使槽体具有能承受振动载荷所必须的刚度。也就是说，应使槽体的一阶弯曲振动的固有频率大大高于激振频率。为了获得尽可能高的一阶弯曲振动的固有频率，在结构设计时，应使槽体的质量小，惯性矩大，支承点距离短。

为计算方便，将振动给料机的槽体的各个部位简化为四种典型力学模型如图5-2所示：



5-2四种典型力学模型

(1) 均布载荷简支梁 (图5-2-a) 对于较长的振动给料机, 一般采用摆杆弹簧作为中间支承。这些摆杆弹簧在振动方向上是柔性的, 而在垂直于振动方向上则是刚性的, 在两摆杆簧间的槽体段可按此力学模型计算, 其一阶固有频率为:

$$\omega_{01} = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho_l}} \quad (5-2-1)$$

式中, E ---- 弹性模量 (N/m²)

I ----- 惯性矩 (m⁴)

ρ_l 线质量 (单位长度的质量) (kg/m)

l ----- 质点间距 (m)

n阶固有频率:

$$\omega_{0n} = \frac{n\pi}{l} \sqrt{\frac{EI}{\rho_l}} \quad (5-2-2)$$

(2) 一端悬臂的均布载荷简支梁 (图5-2-b) 振动给料机的两端区段可按此力学模型计算, 其一阶固有频率为:

$$\omega_{0n} = \frac{[a_n]}{l} \sqrt{\frac{EI}{\rho_l}} \quad (5-2-3)$$

式中的因数a可按表5-1选取

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/158034041037006060>