

振动机械设计参数计算软件

李 松 涛

(机械系)

提 要: 研制了计算设计振动机械所必需参数的软件。对于振动运输机,该软件具有优化输送速度的功能。其对象包括单自由度、双自由度和平衡式系统。

该软件用 FORTRAN 语言写成,能在 IBM-PC 系列微机上运行。数据在键盘上输入,全部输入输出数据都附有简明的注释,操作方便。

关键词: 振动机械, 软件, 计算, 优化。

1 概 述

振动机械的应用越来越广泛,而且不断有新的振动机械创造出来。尽管其结构并不复杂;但设计的参数计算都比较麻烦。对多自由度系统更是如此。《振动机械设计参数计算软件》编制的目的正是为了更好地解决这一任务,希望它能成为振动机械设计工作者的有用的工具。

《软件》应用 FORTRAN 语言,在 IBM-PC 机上运行。

按振动机械的用途,《软件》主要用于振动落砂机、振动运输机的参数计算。按振动机械的结构形式,《软件》可用于单质体,双质体和平衡式振动机械。(见图 2, 4, 5)

软件要求的主要输入参数如下:

一般有:激振角、输送速度,(以上两项缺省时则由程序优选。)物料与床体间的摩擦角、床体自重、频率比、弹簧数目。

对落砂机还要输入:抛射指数、砂箱尺寸、生产率、(箱/小时)栅床长度或落砂时间(对输送式落砂机)、床面载荷(对固定式落砂机)。对运输机则要输入:机器指数、生产率(吨/小时)、主要输出参数为:激振角、(优化)输送速度、质量结合系数、床面上物料的重量(对输送式振动机)、结合质量、由物体引起的阻力系数值、输送物料时的功率消耗、弹性元件的总刚度、橡胶铰链和铰链轴的设计参数,(对平衡式和双质体振动机械)、钢丝弹簧的全部设计参数,对输送式落砂机还输出最大落砂时间或栅床长度。

2 基本计算方法

2.1 物料运动参数的计算。

$$\Gamma = \frac{K s \sin \alpha}{\cos \delta} \quad (1)$$

$$s \sin b = \frac{-s \sin (\rho + \delta)}{\cos (\rho + \alpha)} \quad (2)$$

$$s \sin d = \frac{s \sin (\rho - \delta)}{\cos (\rho - \alpha)} \quad (3)$$

其中:

Γ ——抛射指数

b ——静态反滑始角

d ——静态正滑始角

δ ——机床身向下倾斜角

ρ ——物料与床体之间的摩擦角

α ——振动方向角 (一般认为等于激振角)

物料滑行时的速度:

$$V = A \omega \cos \alpha \left\{ \frac{s \sin d + \lg \rho \cos \delta}{K \cos \alpha} \varphi + \lg \rho \lg \alpha \cos \varphi + c \right\} \quad (4)$$

(正滑取“+”, 反滑取“-”)

其中: A ——床体振幅.

ω ——角频率 (激振频率).

φ ——振动相位角.

c ——积分常数, 由初始条件决定.

振动方向角优化, 及一次振动循环中正反滑各起迄点相位角的确定见资料 [1].

2.2 物料对床体作用力 $F_x(\varphi)$ 、 $F_y(\varphi)$ 的计算:

在 X 方向:

$$F_x(\varphi) = \begin{cases} 0 & (P < \varphi < Z) \\ \mu m (g \cos \delta - A \omega^2 s \sin \alpha \cos \varphi) & (Z < \varphi < a) \quad (V < \varphi < 2\pi - \beta) \\ -m A \omega^2 \cos \alpha s \sin \varphi & (a < \varphi < \mu) \quad (c < \varphi < v) \\ \mu m (g \cos \delta - A \omega^2 s \sin \alpha s \sin \varphi) & (\mu < \varphi < c) \end{cases} \quad (5)$$

在 Y 方向:

$$F_y(\varphi) = \begin{cases} 0 & (P < \varphi < Z) \\ m \frac{dv_y}{dt} & (\varphi = Z) \\ m (g \cos \delta - A \omega^2 s \sin \alpha s \sin \varphi) & (Z < \varphi < 2\pi + P) \end{cases} \quad (6)$$

其中: μ ——物料床体之间的摩擦系数

m ——滞留于床体上的物料质量

P ——跳始角

Z ——跳迄角

a ——初正滑迄角

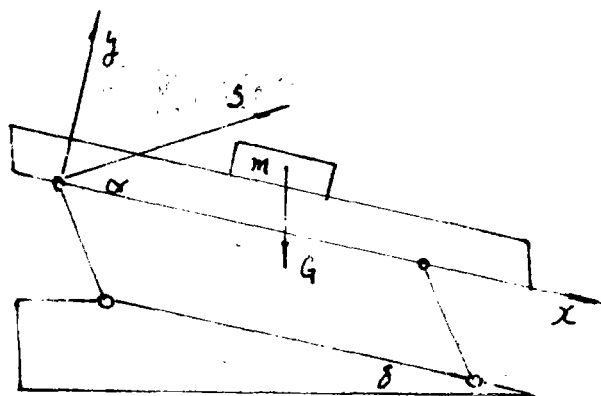


图 1

u ——反滑始角

c ——反滑迄角

v ——正滑始角

V_y ——物料 y 方向的速度

$F_x(\varphi)$, $F_y(\varphi)$ 为 φ 的周期性函数, 展开为富里哀级数, 忽略其二次以上谐波得:

$$F_x(\varphi) = a_{1x} \cos \varphi + b_{1x} \sin \varphi \quad (7)$$

$$F_y(\varphi) = a_{1y} \cos \varphi + b_{1y} \sin \varphi \quad (8)$$

a_{1x} , a_{1y} , b_{1x} , b_{1y} 为富里哀系数。

2.3 阻尼和结合质量的计算:

可以得出结合质量为:

$$m_m = - \left(-\frac{b_{1y}}{A\omega^2} \sin \alpha + \frac{b_{1x}}{A\omega^2} \cos \alpha \right) \quad (9)$$

阻力系数为:

$$f_m = \frac{a_{1y}}{A\omega} \sin \alpha + \frac{a_{1x}}{A\omega} \cos \alpha \quad (10)$$

2.4 单质体惯性振动机械

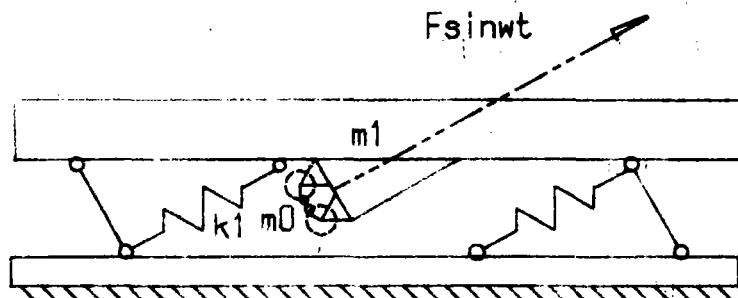


图 2

单质体惯性振动机械的机构如图 2 所示

其物理模型如图 3

$$M_1 = m_1 + \Sigma m_0$$

$$P_0 = \Sigma m_0 \omega^2 r$$

其矢量方程为 [3]

$$(K_1 - M_1 \omega^2 + j f \omega) X = P_0 \quad (11)$$

对 (11) 式求解矢量 X 。

X 的模为振幅, 幅角为初相位角。

其中 P_0 为激振力。

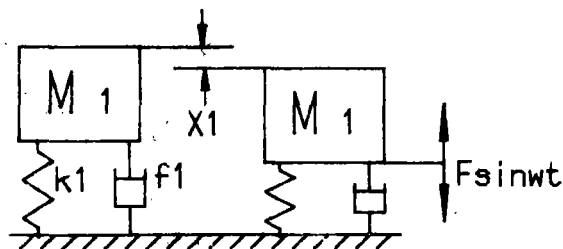


图 3

2.5 平衡式惯性振动机械

平衡式惯性振动机械的机构如图 1 所示

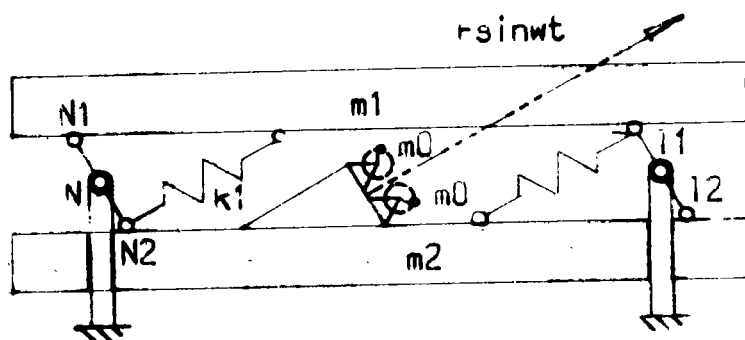


图 4

其运动方程为:

$$\begin{cases} -m_1 \ddot{x}_1 - f_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - k_1 (x_1 - x_2) + N_1 = 0 \\ -m_2 \ddot{x}_2 - f_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - k_1 (x_2 - x_1) + N_2 + F = 0 \end{cases} \quad (12)$$

由几何关系可知:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{A_1}{A_2} = -\frac{x_1}{x_2} = \lambda; \quad (13)$$

其中, x_1 、 x_2 为 m_1 、 m_2 的位移, A_1 、 A_2 为振幅, l_1 、 l_2 为连杆两端长。

从连杆上力的平衡关系可知:

$$N_2 = \lambda N_1; \quad N = N_1 + N_2 \quad (14)$$

根据式 (12) ~ (14) 可得:

$$(m_2' + \lambda^2 m_1) \ddot{x}_2 + (1 + \lambda)^2 f_1 \dot{x}_2 + (1 + \lambda)^2 k_1 x_1 = F \quad (15)$$

$$\text{令 } m = (m_2' + \lambda^2 m_1); \quad f = f_1 (1 + \lambda)^2; \quad k = k_1 (1 + \lambda)^2 \quad (16)$$

以式 (16) 代入 (15) 得:

$$m \ddot{x}_2 + f \dot{x}_2 + k x_2 = F \quad (17)$$

其中: $m_2' = m_2 + \Sigma m_0$; $F = \Sigma m_0 \omega^2 \gamma \sin \omega t$ 。

按 (13) 和 (17) 式求解 x_1 和 x_2 [3]

2.6 双质体惯性振动机械。

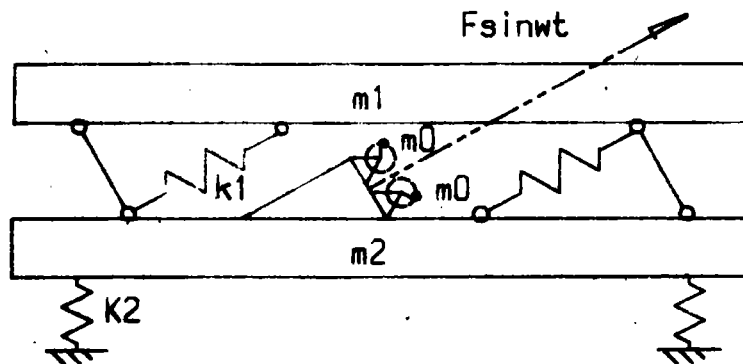


图 5

图(5)所示为一双质体振动机械机构。其物理模型如图(6):

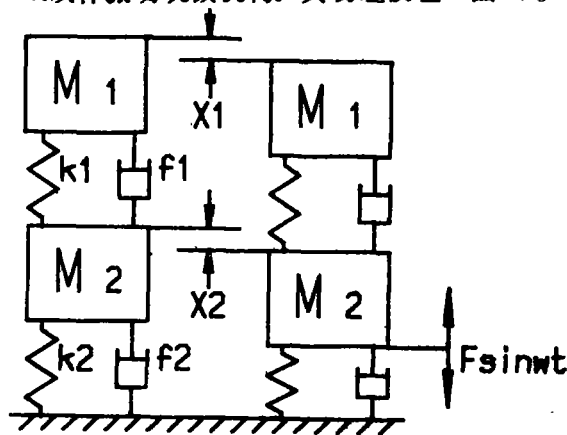


图6

可以直接写出如下的矩阵方程,以求 k_1, k_2 [3]

$$\begin{bmatrix} x_1 - x_2 & 0 \\ x_2 - x_1 & x_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega^2 m_1 x_1 \\ \omega^2 m'_2 x_2 \end{bmatrix} \quad (18)$$

其中 $m'_2 = m_2 + \Sigma m_0$

用如下方程以求位移和激振力矢量:

$$\begin{bmatrix} k_1 - m_1 \omega^2 + j \omega f_1 & - (k_1 + j \omega f_1) \\ - (k_1 + j \omega f_1) & k_1 + k_2 - m'_2 \omega^2 + j \omega (f_1 + f_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ P_0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

若已知 X_1 的模 (m_1 的振幅, 并以它的相位差为零) 移项得:

$$\begin{bmatrix} 0 & - (k_1 + j \omega f_1) \\ -1 & k_1 + k_2 - m'_2 \omega^2 + j \omega (f_1 + f_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ X_2 \end{bmatrix} = X_1 \begin{bmatrix} - (k_1 - m_1 \omega^2 + j \omega f_1) \\ k_1 + j \omega f_1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$\text{或} \quad \begin{bmatrix} 0 & -k_1 \\ -1 & k_1 + k_2 - m'_2 \omega^2 \end{bmatrix} + j \omega \begin{bmatrix} 0 & -f_1 \\ 0 & f_1 + f_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ X_2 \end{bmatrix} = X_1 \begin{bmatrix} -k_1 + m \omega^2 \\ k_1 \end{bmatrix} + j \omega \begin{bmatrix} -f_1 \\ f_1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

由式(21)可求矢量 P_0 及 X_2 [3]。其中 P_0 的模 $|P_0| = \Sigma m_0 \omega^2 r$

3 程序结构

整个软件分为两个独立的程序。程序1进行激振角的优化或计算激振角, 计算振幅, 机体的倾斜角, 结合质量, 质量结合系数, 和阻力系数并将结合质量, 阻力系数, 质量结合系数存盘, 作为程序2的输入参数, 其流程图如图7。

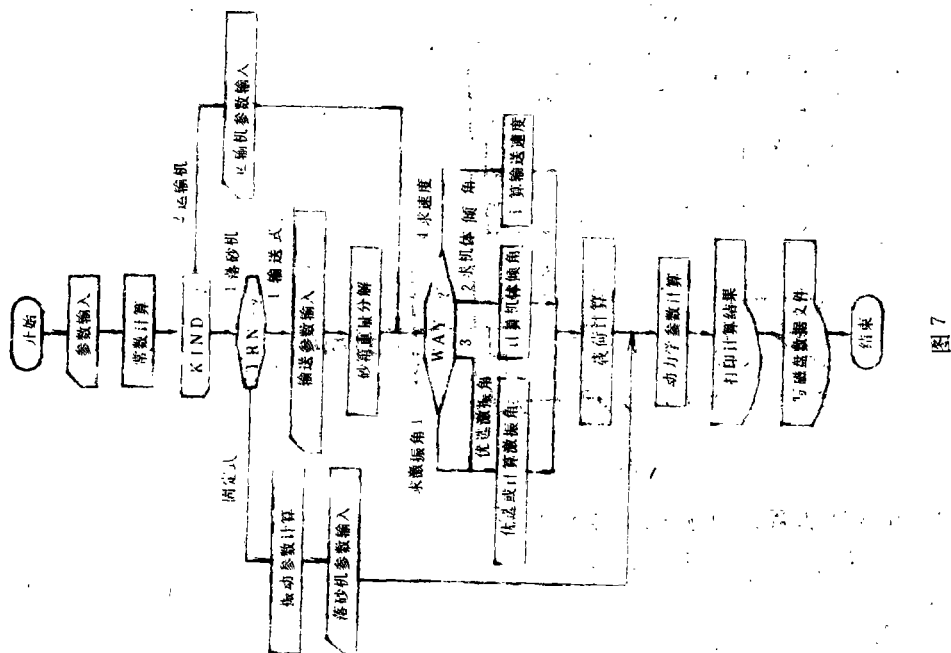


图 7

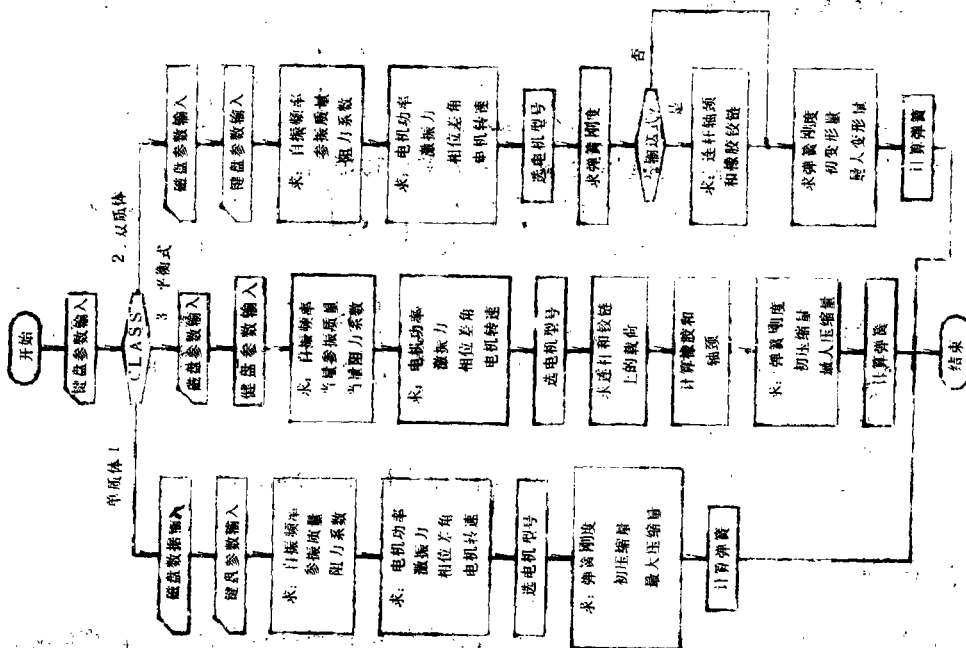


图 8

设计人员可根据程序1输出的数据进行结构设计, 然后进行程序2。

程序2计算驱动功率、激振力、相位差角选择激振电机型号, 计算弹性元件的设计参数(含橡胶铰链和铜丝弹簧), 其流程图如图8。

4 运行方式

用户准备必要的输入数据, 在程序运行时按屏幕的提出或说明依次交互式地输入, 运行后即可在打印机上获得所需的结果。因此使用方便并容易掌握使用方法。

5 小 结

本软件可以为使用者节省大量用于计算参数的时间并能避免讹错。其计算过程以物料在振动槽体上运动规律的分析为基础[1]。一些参数如物料的阻尼值、结合质量, 采用了计算结果而不是经验数据。输送速度用优选法获得, 对振动运输机则以输送速度为目标函数对抛射角进行了最优化计算。因此计算方法更为科学。参数的输入采用交互式, 使用比较容易。

参 考 文 献

- [1] 李松涛 物料在振动运输机上的运动过程, 《郑州工学院学报》1985年第二期。
- [2] 闻帮椿等 振动机械的理论及应用, 机械工业出版社, 1985年10月。
- [3] 李松涛 振动机械动力学参数的矩阵计算方法, 全国第四次振动机械反隔振消振学术会议论文, 1987年11月。

Calculating Software of Vibrating Machinery Design Paramters

Li Songtao

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In this paper, a practical software of calculation of parameters which are necessary for vibrating machine design is developed. It provides aptimization function of moving speed for conveyer. It can be applied to single degree of freedom, two degree of freedom and balanced system.

The software is compioied in Fortran and can be run on IBM personal computer. The data are inputed with keyboard and output with printer and all the input and the output data are supplemented with brief commentary that it is easy to operate.

Key words: vibrating machine, software, calculation, opptimizertion.