

气体振动自动给料系统的数学模型 和实验分析

刘桂雄 何振江 黎凯

(重庆大学 光电精密机械研究所, 重庆 630044)

摘要 本文介绍了粒度测定仪气体干粉分散器中自动给料系统的设计依据, 建立其数学模型, 通过理论和实验分析证明该系统的运动是简谐振动, 指出了振动周期与平衡点有关参数的关系, 这对系统的设计具有重要的指导意义。

关键词: 粉体材料; 气体振动; 数学模型

1 引言

在国家“七五”攻关项目“75—58—04”中, 有这样一个子课题, 内容是研制一种适用于工业现场测试大雾场雾粒粒径及分布的测试仪, 这一种仪器现已由重庆大学光电精密机械研究所研制成功, 为了使其性能加强、扩大应用领域, 对这种仪器的开发显得越来越重要。

设计干粉分散器的是使之与雾粒仪配合, 达到扩大雾粒仪应用领域的目的。用干粉分散器使干粉样品分散, 形成微粒场来提供给雾粒仪测量, 从而测得干粉样品的粒度。正常情况下, 干粉分散器主要包括三部分: 自动给料部分, 分散粉体部分, 回收粉末部分。在分散粉体部分我们采用气体分散法, 其中有一漏斗, 如果漏斗容量太大, 容易使粉体堆积在一起, 负压不够把它吸进去, 这就要求有一自动给料机构, 定时给料斗添加试样粉体。

如果采用旋转振动给料, 如图1所示。给料要均匀, 就要求开始与中间其它过程的振动幅值不一样, 或周期不一样。开始料斗里面的料多, 旋转振荡的频率可以小一些。

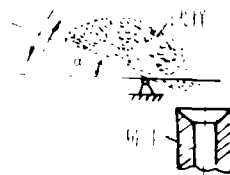


图1

2 模型的建立及实验分析

或许, 每个同志都看过或亲自作过利用麦杆儿吹豆豆的事, 它就是通过控制吹气量来调节圆豆的振荡高度。基于这一思想作者做过这样的实验, 实验装置如图2所示。实验证明, 可以

调节流气量来控制振荡幅值和振荡周期,达到均匀给料的目的。

我们发现,当 Q 小时,振荡幅值小,周期大,并用这时相对平衡位置 y_{\mp} 小,适合料斗上料多的情况。当调节 Q 大时,振荡幅值大,周期小,并且相对平衡位置 y_{\mp} 大,即角 α 较大,适合料斗上料少的情况。

下面,我们从理论上进行推导,说明气流量 Q 与振荡平衡点 y_{\mp} ,周期的关系。

现在我们认为喷嘴出来的气流量是一种稳定流,即认为流场中流体的运动参数只随位置而改变,而与时间无关,这样对于实际研究是有非常重大的意义的。

即流场中的速度及压力分布可以这样表示:

$$\begin{aligned} u_x &= u_x(x, y, z) \\ u_y &= u_y(x, y, z) \\ u_z &= u_z(x, y, z) \\ p &= p(x, y, z) \end{aligned}$$

数学条件是:

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} = 0; \frac{\partial u_y}{\partial t} = 0; \frac{\partial u_z}{\partial t} = 0; \frac{\partial p}{\partial t} = 0$$

从喷嘴射出的空气流,在大气空间中继续作扩散运动。射流在流动扩散中,存在着横向速度 v ,但在射流边界层的任何截面上,横向分度是远小于轴向分速的。出于计算简便,我们在计算时讨论每一截面的平均流速。计算简图见图 3。

从流动力学中的已知推导可以得到射流边界层的内外边界线是直线,(实际上是近似为直线),这时,在平面坐标系 xoy 中直线 AB 的方程为:

$$y = k(x - R_0), k = \operatorname{tg}\theta$$

CA 是射流边界层的边界线上的一射线,方程为:

$$\left. \begin{aligned} y &= k(x - R_0) = \operatorname{tg}\theta(x - R_0) \\ y &> 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

如果 CA 绕 y 轴旋转一周,则其曲面即为射流内外边界面,由方程(1)可知,为

$$y = k(\sqrt{x^2 + z^2} - R_0) \quad (2)$$

这时射流平行于 x 轴且距离为 x 轴为 y 的截面面积为:

$$S = \pi R^2 = \pi(x^2 + z^2) \quad (3)$$

(2)与(3)联立,可得:

$$S = \pi\left(\frac{y^2 + kR_0}{k}\right)^2 \quad (4)$$

现在利用质点系动量定理推导的欧拉方程可以求得,如果在离 x 轴距离为 y 的档板受到气流的冲力为

$$F = \rho Q v \quad (5)$$

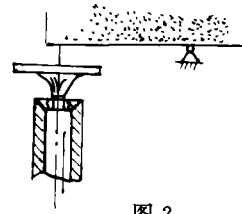


图 2

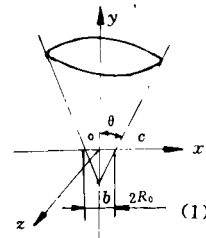


图 3

其中： ρ 为气流密度

Q 为单位时间内流经射流区平行于 x 轴截面的流体体积。

v 为设有挡板时截面的平均速度。

很容易可得：

$$v = \left(\frac{kR_0}{y + kR_0} \right)^2 v_0 \quad (6)$$

式 v_0 为喷嘴气流的平均速度。

下面, 来求此时 y 为多大时, 料斗处于力矩平衡状态。我们可以为料斗的重力为 mg , 重心距离为 l , 空气气流的作用为 F , 距离支承点为 L , 如图 4 所示。根据平衡条件

$$\Sigma M(0) = mgl \cos \theta - FL = 0$$

可得：
$$F = \frac{mgl}{L} \cdot \cos \theta$$

即：
$$\rho_0 Q_0 v_0 \left(\frac{kR_0}{y_{\text{平}} + kR_0} \right)^2 = \frac{mgl}{L} \cos \theta$$

可得
$$y_{\text{平}} = kR_0 \left(\sqrt{\frac{\rho_0 Q_0 v_0 L}{mgl \cos \theta}} - 1 \right)$$

由于
$$\cos \theta \approx 1$$

则
$$y_{\text{平}} = kR_0 \left(\sqrt{\frac{\rho_0 Q_0 v_0 L}{mgl}} - 1 \right) \quad (7)$$

根据这一式子可以计算出在压力一定的情况下, 如果 y 存在一定范围内, Q 也只能存在某一范围内。

现在, 来求周期 T 与 Q_0, v_0 的关系。

设挡板位于距离 x 轴 y 处, 设 $y = y_{\text{平衡}} + y_1$, 这时, 我们从实验观察到, 料斗在 $y_{\text{平衡}}$ 上下振荡, y_1 是较 $y_{\text{平衡}}$ 小得多。这时, 余下的产生加速度力 N 为:

$$N = \rho_0 Q_0 v_0 \left(\frac{kR_0}{y_1 + y_{\text{平衡}} + kR_0} \right)^2 - \rho_0 Q_0 v_0 \left(\frac{kR_0}{y_{\text{平衡}} + kR_0} \right)^2$$

最后可得：
$$N = - \frac{2\rho_0 Q_0 v_0}{kR_0 + y_{\text{平衡}}} \cdot y_1 = -k' y_1$$

即
$$N = F = -k' y_1$$

这就是基本的简谐振动力学特征, 也说明料斗的振荡是简谐振动。这时

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{k'}}$$

即：
$$T = 4.43 \sqrt[4]{\frac{L}{mgl \cdot \rho_0 Q_0 v_0}} \quad (8)$$

从上面的推导式子(7) $y_{\text{平}} = kR_0 \left(\sqrt{\frac{\rho_0 Q_0 v_0 L}{mgl}} - 1 \right)$,

式子(8) $T = 4.43 \sqrt[4]{\frac{L}{mgl \cdot \rho_0 Q_0 v_0}}$, 可以知道:

1. ρ 一定, $Q \uparrow$, 则 $y_{\text{平}} \uparrow$ 。这与实验现象相符合。
2. ρ 一定, $Q \uparrow$, 则 $T \downarrow$ 。这也与实验现象相符合。



图 4

3. 实验证明,确有在 y_{\mp} 左右作简谐振动的现象。

3 结 束 语

根据上面的模型,我们成功设计了 I 型微粒测定仪干粉试样分散器的粉体材料的自动给料系统。该系统气流量 Q 在 $(20\sim 40)\text{kg}/\text{mm}^2$ 范围内,气源气压为 $2.8\text{kg}/\text{cm}^2$,喷嘴直径为 0.5mm ,振荡周期 $T=(0.2\sim 1)\text{s}$,料斗粉体 100g 以内。当料斗料少时, Q 增大, y_{\mp} 增大, T 减小;当料斗料多, Q 调小, y_{\mp} 降低, T 增大,操作方便地达到送料均匀的目的。同时由于微粒测定仪自身就配有气源用于镜头防污,所以本系统实现起来简单,成本低,较传统的电动,磁动方法具有明显的优点,具有很高的推广价值。

参 考 文 献

- [1] 况文仲,赵志立,《工程流体力学》. 重庆大学自编教材,1980
- [2] 李诗久,《工程流体力学》. 机械工业出版社,1980
- [3] 《PS64 干粉供给器使用手册》. 英国 Molven 公司

Mathematic Model and Experiment Analysis of the Automatic Supply System with Gas Vibration

Liu Guixiong, He Zhenjiang and Li Kai

(The Research Institute of Photo-electronic Precision Mechanism of Chongqing University, Chongqing 630044)

Abstract

This paper introduces the design foundation of the automatic supply system in gas dry-powder disperser for size determining-instrument, sets up its mathematic model, proves that the motion of this system is simple harmonic vibration through theory and experiment analysis, and points out the relation of the period and balance point of vibration with the concerned parameters. It has very important direct significance to the design of the system.

Key words: Powder material. Gas vibration. Mathematic model