

一种机械手—自动称重装置的分析研究

宋寿祥*
(机电系)

TP241.2

摘要 本文讨论了一种传统的自动称重系统的改进方案。即用机械手提起并传送被称物至称重装置处称重,代替了传统的传送带,以期减小传送系统的振动噪音对测量精度的影响。文中讨论了满足“软加载”要求的三自由度机械手臂部的运动轨迹及其数学模型,为理论上进一步分析研究提供了基础。

关键词 称重装置,机械手,运动轨迹

中图法分类号 TP241.2, TP278

在自动生产线上使用的传统的称重系统,主要由运送传送带及称重装置组成。由于产品的称重是在传送带不停地运转过程中实现的,所以传送带的传动系统是测量过程中的主要噪声源,这是影响测量精度的一个重要原因,同时也是限制传送带速度的因素之一。为了提高测量精度及速度,除了改进信号处理方法之外,本文提出的新方案是使用机械手运送产品到称重装置上称重,在称重完毕后,根据其重量合格与否,取走产品分类放置。这时,需考虑的问题之一是要选择机械手臂部的运动轨迹,特别是要求以“软加载”的方式将产品放在称重装置上,即在此瞬时其速度及加速度应为零,以免精密的测量装置引起额外的振动并受到损坏。本文讨论在这种场合中应用的机械手臂部的运动轨迹及其数学模型,以为进一步的理论和实验研究提供基础。

1 机械手臂部的运动轨迹

设机械手臂部有三个自由度,如图1所示。

使用此类机械手于自动称重过程,其动作可分为二个阶段。第一阶段为提起产品,移动至称重装置处;将产品置于称重装置上。第二阶段为移走产品。以下着重讨论其臂部在第一阶段中的运动过程。实际工作场合的顶视图如图2所示。

由图2可见,在提起产品处臂长为 l_1 ,在提起产品及旋转的过程中,按一定的轨迹自动调节其长度,至称重处放下产品时臂长为 l_2 。

* 收稿日期: 1993-01-14.

** 宋寿祥,男,1936年生,副教授,重庆建筑工程学院(630045).

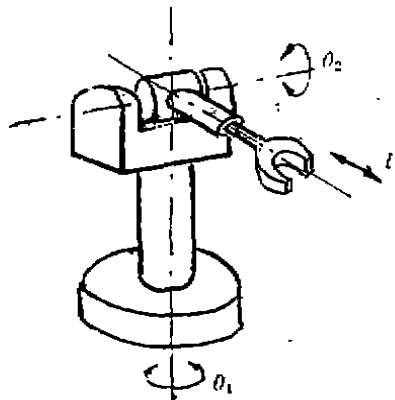


图 1 有三个自由度的机械手臂部

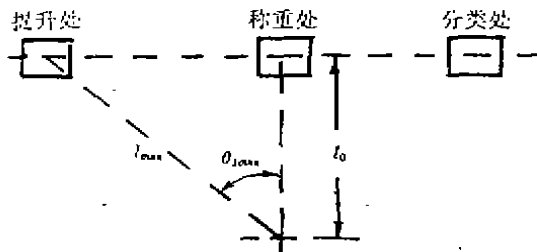


图 2 工作场所配置图

故有

$$l_{max} = \frac{l_0}{\cos\theta_{1max}} \quad (1)$$

设臂部旋转角: $\theta_1(t) = f_1(t)$

(2)

$$t = 0, \quad \theta_1 = \theta_{1max}$$

$$t = T, \quad \theta_1 = 0$$

T — 第一阶段所需总时间

设臂部俯仰角 θ_2 及臂长 l 皆为 $\theta_1(t)$ 的函数,

即臂部俯仰角: $\theta_2(t) = f_2(\theta_1(t))$

(3)

臂长: $l(t) = f_3(\theta_1(t))$

(4)

式(3)及(4)可写成:

$$\theta_i(t) = f_i(\theta_1(t)) \quad (5)$$

这里, $i = 2$ 及 3 , 且 $\theta_3(t) = l(t)$

按“软加载”要求, 应有:

$$t = T \text{ 时, } \dot{\theta}_1(t) = \dot{f}_1(t) = 0 \quad (6)$$

及

$$\ddot{\theta}_1(t) = \ddot{f}_1(t) = 0 \quad (7)$$

又因

$$\dot{\theta}_i(t) = \dot{f}_i(\theta_1(t))\dot{\theta}_1(t)$$

及

$$\ddot{\theta}_i(t) = \ddot{f}_i(\theta_1(t))\dot{\theta}_1^2(t) + \dot{f}_i(\theta_1(t))\ddot{\theta}_1(t)$$

故在 $t = T$ 时, 若式(6), (7) 成立, 则必有:

$$\dot{\theta}_i(t) = \ddot{\theta}_i(t) = 0$$

从而保证了“软加载”的要求。

以下讨论臂部运动轨迹 $\theta_1(t), \theta_2(t), l(t)$ 的求出。

1.1 $\theta_1(t)$ 的求出

经过多种比较后选择:

$$\ddot{\theta}_1(t) = k_1 \frac{e^{(T-t)} - e^{-(T-t)}}{2} = k_1 \sinh(T-t) \quad (8)$$

这个加速度函数可使加速度在起始段较快,而在到达目标位置前缓慢减速,以免产生晃动,且可满足下述条件:

$$\ddot{\theta}_1(T) = 0$$

根据式(8)可得

$$\dot{\theta}_1(t) = k_1[-\cosh(T-t) + k_2]$$

及

$$\theta_1(t) = k_1[\sinh(T-t) + k_2t + k_3]$$

式中, k_1, k_2, k_3 可根据初始条件求出.

$$k_1 = \frac{\theta_{1\max}}{\sinh(T) - T}, \quad k_2 = 1, \quad k_3 = -T$$

故

$$\theta_1(t) = \theta_{1\max} \frac{\sinh(T-t) + t - T}{\sinh(T) - T} \quad (9)$$

1.2 $\theta_2(t)$ 的求出

设 $\theta_2(t) = \beta \cdot \sin(f(\theta_1))$, 且使 θ_2 与 θ_1 的关系如图3所示.

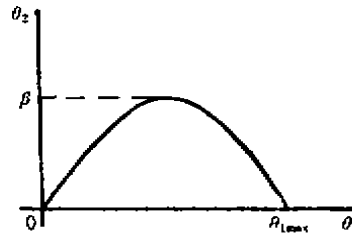


图3 θ_2 与 θ_1 的关系

故

$$\begin{aligned} \theta_2(t) &= \beta \cdot \sin\left[\frac{\pi}{\theta_{1\max}} \cdot \theta_1(t)\right] \\ &= \beta \cdot \sin\left\{\frac{\pi[\sinh(T-t) + t - T]}{\sinh(T) - T}\right\} \end{aligned} \quad (10)$$

式中: $\beta = \sin^{-1}\left[\frac{h_{\max}}{l(t)}\right]$; h_{\max} —最大提升高度; $l(t)$ —臂长

1.3 $l(t)$ 的求出

根据图(2), 设臂长函数为

$$l(t) = \frac{l_0}{\cos(\theta_1(t))} = \frac{l_0}{\cos\left[\theta_{\max} \frac{\sinh(T-t) + t - T}{\sinh(T) - T}\right]} \quad (11)$$

1.4 仿真结果

设

$$\theta_{1\max} = 60^\circ;$$

$$\theta_{2\max} = 15^\circ;$$

$$T = 1, \quad l_0 = 1, \quad h_{\max} = 0.3;$$

所得仿真结果如图4所示.

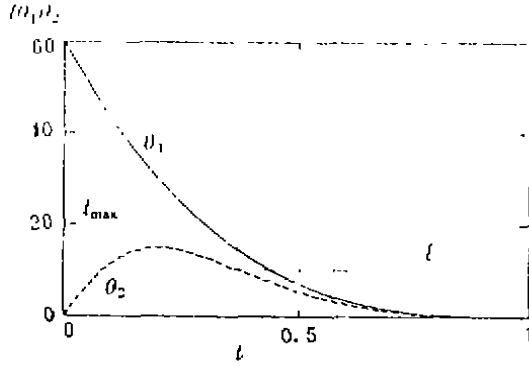


图 4 臂部运动轨迹 $\theta_1(t), \theta_2(t), t(t)$

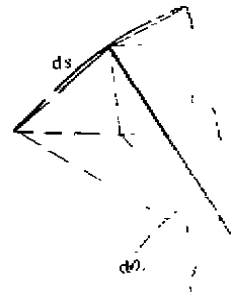


图 5 臂部移动路径计算

2 臂部移动路径长度

在已知臂部运动轨迹之后,可以求出其路径长度.路径计算图如图 5 所示.由图可得:

$$ds = \sqrt{[l(t)d\theta_2]^2 + [l(t)\cos\theta_2 d\theta_2]^2}$$

$$= \sqrt{1 + \cos^2\theta_2} \cdot l(t)d\theta_2$$

$$\therefore s = 2 \int_0^{\beta} \sqrt{1 + \cos^2\theta_2} l(t) d\theta_2 \quad (12)$$

其仿真结果如图 6 所示.

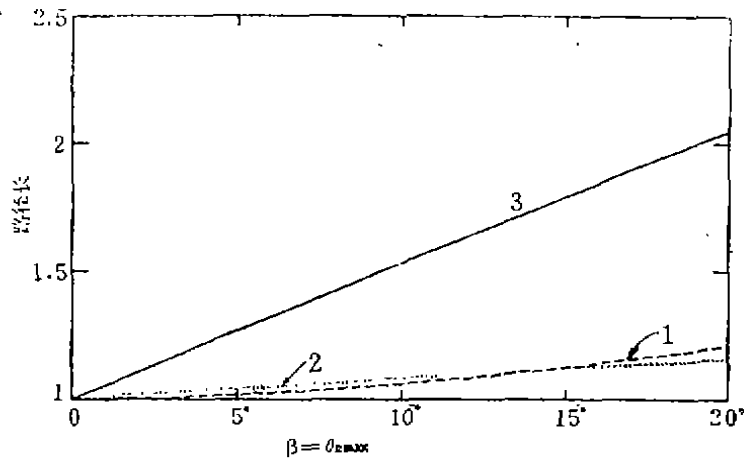


图 6 臂部路径长度与 β 的关系

图中所示曲线 1 为 θ_1 与 θ_2 成正弦关系时,曲线 2 为 θ_1 与 θ_2 成三角形关系时,曲线 3 表示垂直提升,臂部水平旋转,然后垂直下放时的路径与 θ_2 的最大值 β 的关系.由图可见,按

式(10) θ_1 与 θ_2 成正弦关系时的路径,在各种 β 值下均显著短于曲线3,而与曲线2相近。

3 机械手臂部的运动方程

设臂部一个自由度(θ_1)的传动系统如图7所示。系统由电机拖动,并考虑传动系统中的阻尼作用。图中 T_1 为电动机转矩; f_{1m} —电动机侧粘性摩擦系数; J_{1m} —电动机侧转动惯量; f_{1A} —负载侧粘性摩擦系数; J_{1A} —负载侧转动惯量; n —传动比 n_m/n_1 。

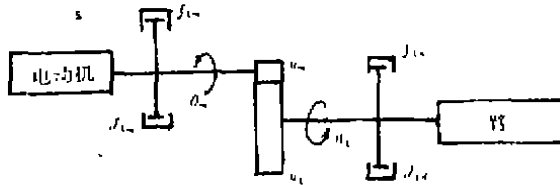


图7 一个自由度的传动系统

系统的运动方程为：

$$T_1 = J_{1m} \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} + f_{1m} \frac{d\theta_m}{dt} + M_m$$

$$M_1 = J_{1A} \frac{d^2 \theta_1}{dt^2} + f_{1A} \frac{d\theta_1}{dt}$$

因
及
故

$$M_1 n_1 = M_m N_m$$

$$\frac{\theta_m}{\theta_1} = \frac{n_m}{n_1} = n$$

$$T_1 = J_{1m} \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} + f_{1m} \frac{d\theta_m}{dt} + \frac{M_1}{n}$$

$$= \left(J_{1m} n + \frac{J_{1A}}{n} \right) \frac{d^2 \theta_1}{dt^2} + \left(f_{1m} n + \frac{f_{1A}}{n} \right) \frac{d\theta_1}{dt} \quad (13)$$

$$= J_1 \frac{d^2 \theta_1}{dt^2} + f_1 \frac{d\theta_1}{dt}$$

式中

$$J_1 = J_{1m} \cdot n + \frac{J_{1A}}{n}$$

$$f_1 = f_{1m} \cdot n + \frac{f_{1A}}{n}$$

类似地,对于 θ_2 及 l ,分别有:

$$T_2 = J_2 \frac{d^2 \theta_2}{dt^2} + f_2 \frac{d\theta_2}{dt} \quad (14)$$

$$T_l = J_l \frac{d^2 l}{dt^2} + f_l \frac{dl}{dt} \quad (15)$$

3 结束语

从仿真结果可知,本文所讨论的机械手臂部运动轨迹,能较好地满足它在自动称重系统中应用的特殊要求。加减速平滑,可以实现“软加载”。同时,与其它类型的运动轨迹相比,路径也相对地较短,是实际上可供选用的一种方案。在构成闭环控制系统时,根据以上所讨论的期望的运动轨迹,可得到系统的输入信号函数。而从系统的运动方程即可得到以电动机转矩为输入,以 θ_1, θ_2, l 为输出的传递函数。可以认为,以上的讨论为进一步在理论上分析和综合这一系统提供了基础。

参 考 文 献

- 1 Ranky P. G. Robot modeling, 1985
- 2 Shoham MOste. A textbook of robotics, Anctor Brandon LTD, 1984, 1
- 3 O. Maxubuchi and K. Oumura. Consideration of response characteristics of automatic checkweigher. Anritsu Technical Bulletin, 1981(9)
- 4 H. N. Nunnally and E. G. Graze. Analytical Balance Operation with an Assembly Robot. Presented at the 13th ISIR/Robots 7 Conference, Chicago, Illinois, 1983

(编辑:刘家凯)

THE ANALYSIS OF A MANIPULATOR-CHECKWEIGHER

Song Shouxiang

(Dept. of Mechanical and Electrical Engineering)

ABSTRACT This paper discusses an improvement for the conventional auto-weighing system. The new system employs a manipulator to pick product up and transport it to weigh cell, in order to reduce noise caused by drive system and increase the measure accuracy. The trajectory satisfying "soft loading" requirement of a manipulator with 3 degrees of freedom and its mathematic model have been discussed. It provides the basis of analysis and synthesis of this system.

KEY WORDS weigh cell, manipulator, trajectory