

爬行现象的微机检测和分析

张 建 温 坚

(长春大学机械工程学院, 长春 130022)

摘要 论述了运用微机检测和分析爬行现象的方法, 所用系统包括信号传感、调节、传输、数据采集和处理, 介绍了系统的硬件、软件设计原理和应用实例。

关键词: 爬行; 检测; 分析

1 引 言

爬行是一种经常出现在低速运动中的摩擦自激振动现象。它影响机器工作性能, 缩短寿命, 甚至危及操作者安全。研究并进一步消除这一现象的前提是能够迅速、精确、可靠地测量它。当前有几种检测爬行的方法, 最为有效的是用光栅测定爬行信号, 然后对其分析和处理, 得到爬行运动的参数特性。本文的主要内容阐述了运用微机检测和分析爬行现象的新方法和相应的系统。

2 运用微机检测爬行现象的原理

图1显示了一种典型的爬行现象, 其运动是滑行一段停顿一般。

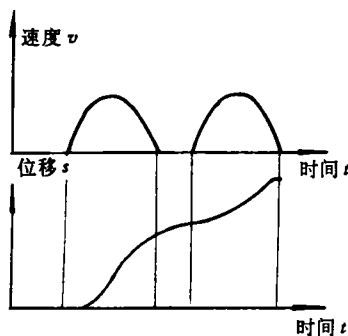


图1 一种典型爬行现象

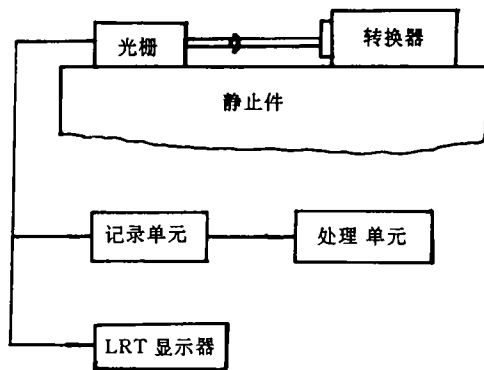


图2 爬行检测原理示意图

图 2 是爬行检测原理的示意图。从光栅转换器来的信号输入记录单元,同时 CRT 显示器上显示,记录的数据由处理单元处理。

当运动件相对静止件匀速运动时,光栅转换器输出电压是一个标准正弦波,每个周期对应一个光栅栅距的位移。当运动不是匀速时,电压波形是变形的曲线,但变形的电压曲线的每个完整周期都对应一个栅距的位移。通过对输出电压曲线适当处理,可以得到实际运动的速度和位移。

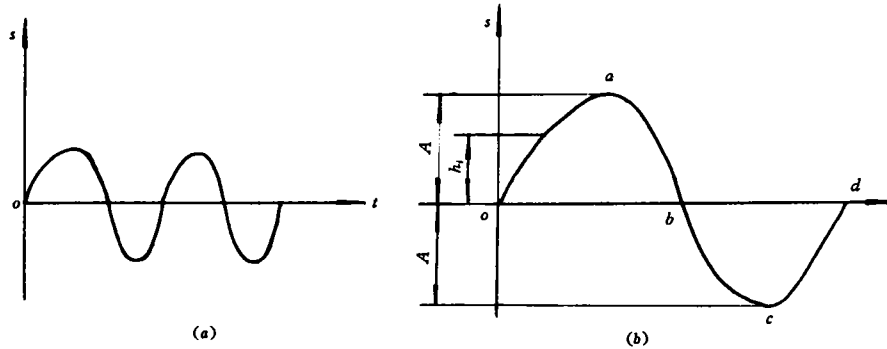


图 3 爬行光栅信号

假设图 3a 的曲线是一个变形的光栅信号波形,图 3b 是一个完整周期,这一周期上不同点对应不同的位移, a 、 b 、 c 、 d 对应的位移量 $1/4$ 、 $1/2$ 、 $3/4$ 、 1 个栅距。对不同区间的点的位移有不同计算公式。

1) 位移 S_i 小于 $1/4$ 栅距时,即 $S_i < \frac{1}{4}d$

$$S_i = \frac{d}{360^\circ} \arcsin \frac{h_i}{A}$$

S_i —— i 点对应位移

h_i —— i 点对应转换后电压信号强度

A —— 对应转换后电压信号波峰点强度

2) $\frac{1}{4}d < S_i < \frac{1}{2}d$

$$S_i = \frac{d}{2} - \frac{d}{360^\circ} \arcsin \frac{h_i}{A}$$

3) $\frac{1}{2}d < S_i < \frac{3}{4}d$

$$S_i = \frac{d}{2} + \frac{d}{360^\circ} \arcsin \left| \frac{h_i}{A} \right|$$

4) $\frac{3}{4}d < S_i < d$

$$S_i = d - \frac{d}{360^\circ} \arcsin \left| \frac{h_i}{A} \right|$$

用以上公式选取足够的点即可建立运动件的位移曲线，对位移曲线进行数据变换可得到速度曲线。至今，以上操作主要由人工完成。

检测爬行运动的新方法，是运用微处理机采集和处理光栅信号，检测工作是自动进行的。

图 4 是信号处理原理的示意图（由作者设计）。

在转换器光栅信号经放大和滤波以后，采样频率由脉冲发生器和 CTC 回路自动确定，然后开始数据采集，采集的数据由微处理机处理并打印结果。

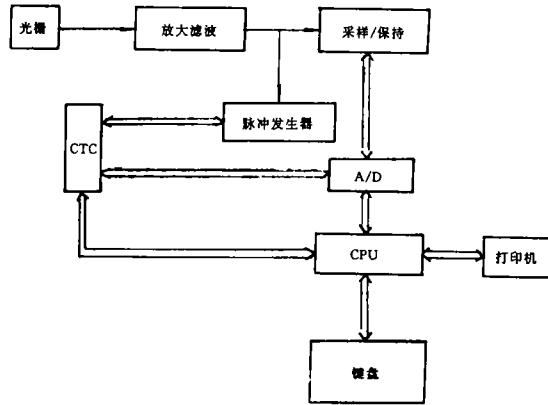


图 4 信号处理原理示意图

3 数据处理方式

转换器的光栅信号电压是

$$u = u_0 + u_m \sin\left(\frac{2\pi S}{d} + \varphi\right)$$

d ——光栅栅距

S ——位移

u ——初值电压

u_m ——信号电压峰值

令 $t=0$ 时， $\varphi = \frac{\pi}{2}$ 作为数据处理开始点，上式可写为

$$\begin{aligned} (u - u_0)/u_m &= \sin\left(\frac{2\pi S}{d} + \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \cos \frac{2\pi S}{d} \end{aligned}$$

以该式为依据，为消除 u 的漂移和其它影响因素，由分块处理然后把结果一个个累加得到位移数据。

如遇图 5 所示信号，数据处理如下

1) 找出所有极大值和极小值，即 A_{max} 和 A_{min} ，选取一个极大值作为处理起始点。

2) 按几个极大值点把信号分为几个区间，每个区间接下式处理。

$$A' = \frac{2A - A_{max} - A_{min}}{A_{max} - A_{min}}$$

A_{max} 和 A_{min} 是邻近 A 的极大值和极小值。

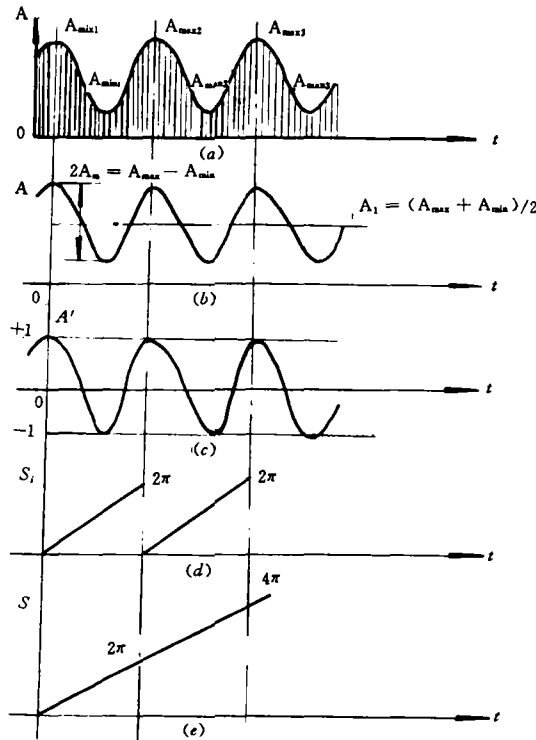


图 5 数据处理方式示意图

3) 按下式重新以处理过的数据 A' 计算 S

$$S = \frac{l}{2\pi} \arccos |A'| \quad 0 \leq A' \leq 1 \text{ 且递减时}$$

$$S = \frac{l}{2\pi} (\pi - \arccos |A'|) \quad 0 \geq A' \geq -1 \text{ 且递减时}$$

$$S = \frac{l}{2\pi} (\pi + \arccos |A'|) \quad 0 \geq A' \geq -1 \text{ 且递增时}$$

$$S = \frac{l}{2\pi} (2\pi - \arccos |A'|) \quad 0 \geq A' \geq 1 \text{ 且递增时}$$

4) 把 S 累积加进以前累加的位移, 并形成位移曲线。

运用数值微分得到速度曲线, 数值微分按下式进行

$$S'_i = \frac{S_{i+k} - S_{i-k}}{2\Delta t}$$

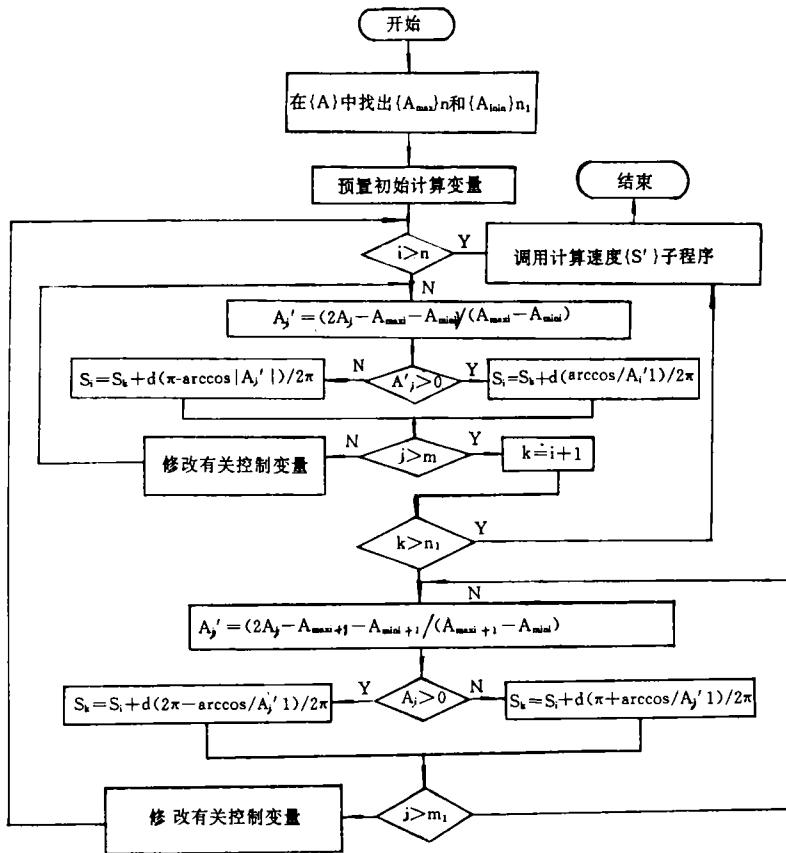


图 6 数据处理框图

Δt 是微分步长, 为减少计算中的截断误差, 取 $k = 3$, 微分步长 $\Delta t = 3\Delta$

Δ —— 数据采样时间间隔

在上述处理方法中，平均电压漂移误差大为减少，低频噪声被消除，数据处理的精度提高，累积误差为零，仅存在局部误差。

图 6 是作者设计的数据处理框图，A 代表光栅信号转化的数据，S 代表位移。

4 应用实例

本文所述方法和作者编制的程序经多次试验证实。结果表明该方法可靠、方便、省时、精度高，适于工程和研究应用。使用 20μm 栅距的光栅转换器和 8 位微处理机，可以精确地测定出 0.5μm 的运件的位移，测定和处理时间不足 2 分钟，效率和精度得以大幅度提高。

该方法和对应程序用于普通外圆磨床 M1432A 低速运动测试如（图 7）所示。图 7a 显示了工作台运动信号的波形（光栅栅距 d=20μm）。水平轴代表信号的光电强度，纵轴代表时间。图 7b、7c（水平轴代表位移和速度，纵轴代表时间）显示了处理后的位移和速度曲线。测定是在有二十多台机器运转的车间内进行的，测定对象是工作台相对于基座的运动。采样频率 102.759Hz，数据采集点 1024 个（见图 7a），时间 1 分钟。

工作台瞬时速度的变化见图 7c，它表明其运动是不均匀的。

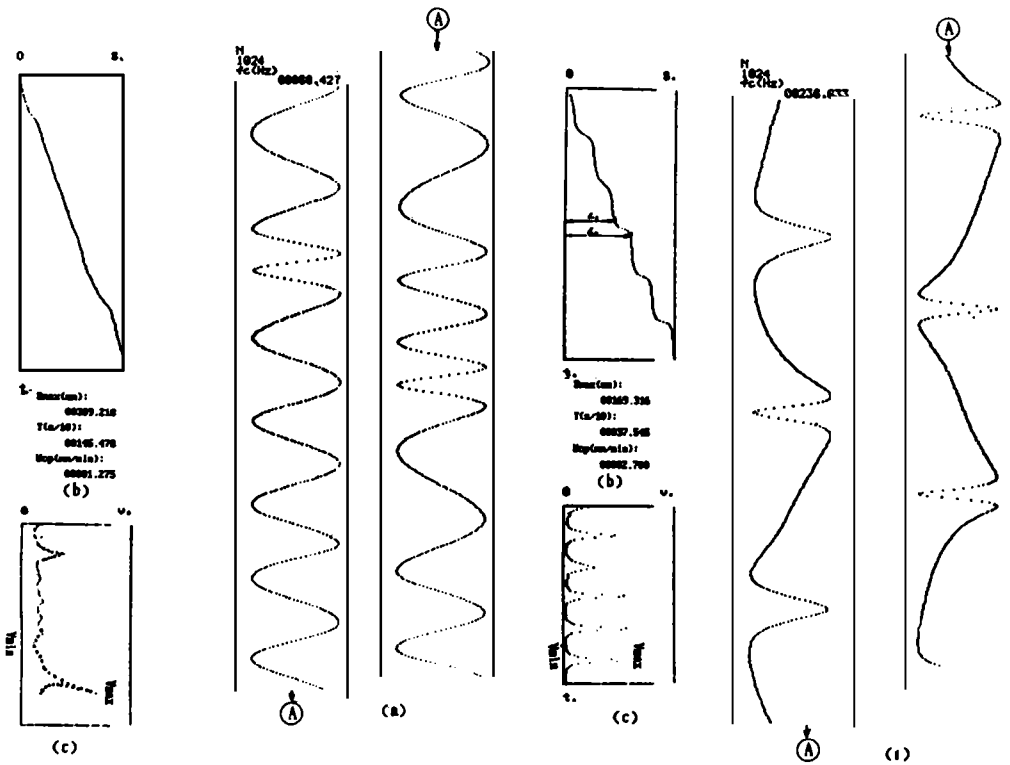


图 7 M1432A 外圆磨床工作台运动信号及处理结果 图 8 摩擦试验台运动信号及处理结果

包括位移和速度计算，直至打印的时间为 1 分钟，处理和计算的时间仅为 4 秒。

另一个例子是一个直线运动摩擦试验台。图 8a 表示了光栅信号，图 8b、图 8c 表示数据

处理的位移、速度曲线。图 8 中符号同图 7。

测定条件：试验台在单独房间里，自身很少振动，一个转换器和一个控制单元在同一房间工作。采样频率 529.654Hz，数据采集点 1024 个。包括数据采集和处理、位移和速度计算，直至打印的全部时间约为 2 分钟。

从结果上看运动明显不均匀，有明显的爬行现象。

5 结 论

- 1) 在工程和科研中运用本文所述方法检测爬行现象精确、迅速、可靠。
- 2) 在研究爬行现象时，该系统可以把研究人员从繁重的手工计算中解放出来。
- 3) 本文工作为研究和进一步消除爬行现象提供了前提。

Method of Detection and Analysis for Stick-Slip Motion by Using microprocessor

Zhang Jian Wen Jian

(College of Mechanical Engineering, Changchun University, Changchun 130022)

Abstract

The method of detection and analysis for stick-slip motion by using microprocessor is proposed. The system including signal sensing, conditioning and transferring, data collection and processing is introduced, the system hardware and software design principles are explained. Also some application examples of the system are presented.

Key Words: Stick-slip, Detection, Analysis