

胶管(胶条)定长切断机的研制

邓辅仁 童建民 徐 光 龚 杰 李新秋 乔力

(清华大学核研院 100084)

摘要 介绍自行研制开发的胶管(胶条)定长切断机的构造、原理以及设计过程中的对精度及其它一些重要问题的考虑和解决方法。最终设计制造的定长切断机切割直径为 5~70 mm; 切断能力达 $100 \text{ 次} \cdot \text{min}^{-1}$; 在被切体不停止的情况下使切断精度达到了 $\pm 1 \text{ mm}$ 。

关键词 定长切断机, 精度, 胶管

在胶管和胶条生产中, 常有定长切断工艺。旧工艺一般采用定长生产后人工切断, 这种方法生产效率低, 浪费大。随着生产自动化水平的提高, 这种方法逐渐被淘汰, 新的能生产较长胶管或胶条的生产线已普及开来。与之相伴的自动化定长切断机也必不可少。

本文介绍了定长切断机的研制情况。

1 工作原理

(1)基本构造

定长切断机的基本构造如图 1 所示。

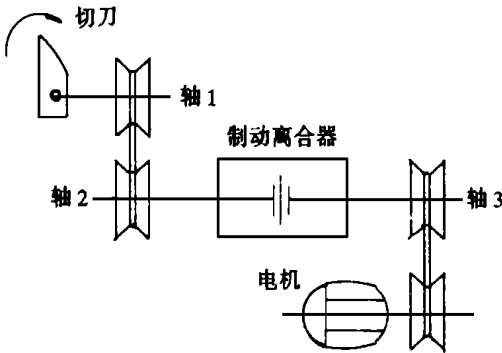


图 1 定长切断机基本构造

(2)工作过程

先启动电机(工作过程中不停), 经同步带传动使轴 3 转动, 当制动器松开、离合器吸合时, 带动轴 2, 再经同步带传动带动轴 1, 使切刀进行切割, 切割过程中胶管和胶条输送装置不停机。当离合器松开、制动器吸合时, 制动轴 2、轴 1 和切刀也立即停止, 从而完成一次完整

的切断动作。

由于是连续重复切断, 需要控制切刀每转一周只能切割一次, 且停刀位置必须准确, 才能确保切断精度, 因此对电气检测和控制也要有一定的要求。电气装置原理如图 2 所示。

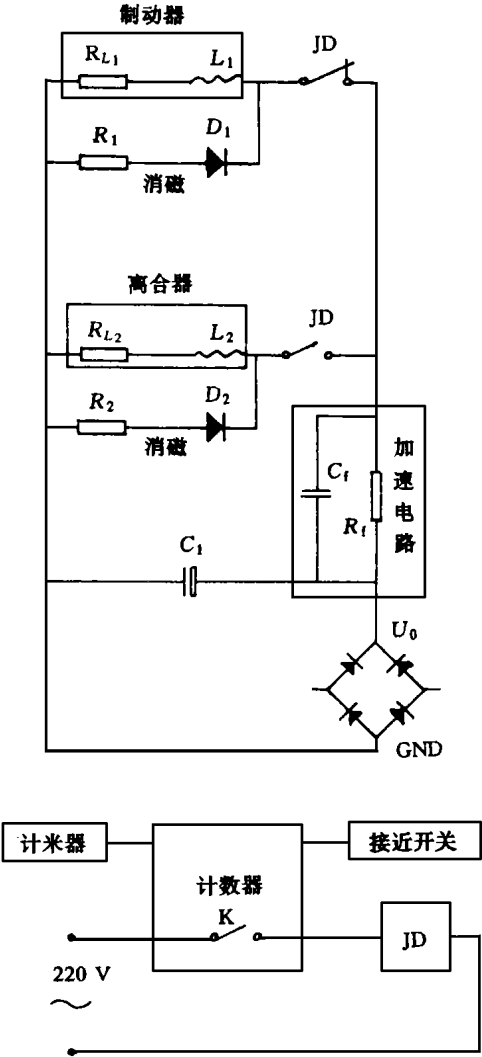


图 2 定长切断机的电气原理图

作者简介 邓辅仁, 男, 1964 年 5 月出生。助理研究员。1986 年毕业于清华大学自动控制系。主要从事仪器仪表及自控方面的研究。曾获北京科技成果奖和国家教委科技进步二等奖。

电气装置工作过程是: 由长度测量传感器监测经过的胶管或胶条长度并传送到计数器, 当计数器计数达到设定长度值时便发出切断信号(使计数器输出触点 K 闭合), 启动切刀, 并使用接近开关监测切刀位置, 当切刀刚切断胶管或胶条时, 发出停刀信号(使 K 断开), 刹住切刀, 等待下次切断信号的到来。

2 电路设计中的问题

由于工作频率较高(切刀从运行到停止动作的时间仅为 150 ms), 因而要求选用的制动器和离合器反应一定要快, 而且制动力矩要足够大, 以保证停刀动作及时准确。另外, 电机转矩和离合器的啮合力要足够大, 以保证有足够的切割力去切断各种规格的胶管或胶条。综合考虑, 选用一体化的气动制动离合器装置, 电气线路如图 3 所示。

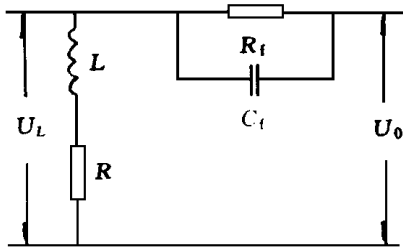


图 3 气动制动离合装置电气线路图

制动器和离合器的上电电流 I 为:

$$I = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \tag{1}$$

式中 U ——电压;
 R ——电阻;
 t ——时间;
 τ ——时间常数, $\tau = L/R$;
 L ——电感。

一般认为, 经过 4τ 时间后, 电流接近稳态电流 I_0 ($I_0 = U_L/R$, 其中 U_L 为负载上的稳态电压)。要使电流快速达到 I_0 , 可通过降低 τ 中的电感 L 或增大 U_L , 因降低 L 势必减小力矩, 故不可实施, 因而只有增大 U_L , 但 U_L 也不能长期增大, 否则制动器和离合器会因过流而烧坏。因而在图 2 电路中增加了加速电路 (R_f 和 C_f) 并提高了电源电压, 目的是在刚上电时提高负载电压 U_L , 加大电流的上升速度, 同时又因 C_f 的充电和 R_f 的分压, 使负载电压趋于正常。为了防止过大的反向电动势, 制动器和

离合器分别并联了消磁电路。

整个电路为一个二阶 LC 电路, 由于有未定参数, 很难求出过渡过程中电流或电压的确切表达式。这里也只作近似的简化分析, 再结合实验来确定各项参数。电路如图 4 所示。

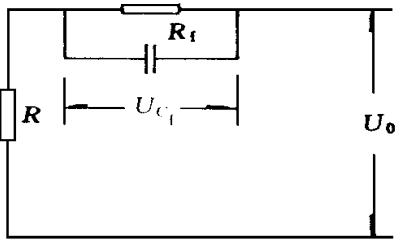


图 4 二阶 LC 电路简化分析图

首先选取 $R_f = 2R$, 电源电压 U_0 提高 2 倍左右, 忽略电感, 则电容两端电压 U_{C_f} 为:

$$U_{C_f} = \frac{R_f}{R + R_f} U_0 (1 - e^{-t/\tau_c}) \tag{2}$$

式中 $\tau_c = (R/R_f)C_f = 2/3RC_f$, 这样 C_f 越大, 则 τ_c 越大。由式(2)可以看出, U_{C_f} 上升越慢, U_L 的下降越慢 ($U_L = U_0 - U_{C_f}$), 负载电流 I 的上升就加快。但 U_L 不能长期过高, 经实验对 C_f 的选取一般保证 τ_c 为 $2\tau \sim 4\tau$ 即可。这样既可缩短制动器和离合器的上电接通时间, 又保证经 $4\tau_c$ 后电压 U_L 可恢复到额定电压 $1/3U_0$ 。

3 精度问题

生产中, 胶管是连续运动的(速度为 $0.5 \sim 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 最高相当于 $0.25 \text{ mm} \cdot \text{ms}^{-1}$)。切刀是垂直于胶管运动方向转动的(见图 5), 经电动机传到切刀的转速为 $400 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 即每转一周的时间 t 为 150 ms。在切割过程中, 胶管被切刀挡住不能向前运动, 待切刀切断胶管后才可继续向前运动, 胶管被挡停止的时间与胶管的直径相关。

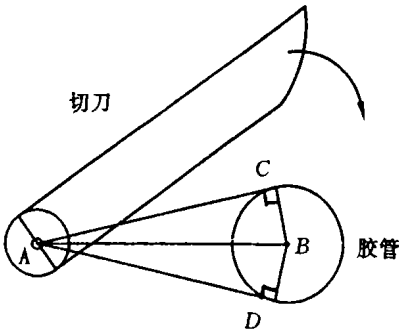


图 5 切刀实际动作示意图

由图 5 可见,

$$\begin{aligned}\angle CAD &= 2\angle CAB = 2\arcsin \frac{BC}{AB} \\ &= 2\arcsin 0.25 \approx 29^\circ\end{aligned}$$

胶管停止时间

$$\Delta t = \frac{29^\circ}{360^\circ} \times t = \frac{29^\circ}{360^\circ} \times 150 \approx 12(\text{ms})$$

按胶管最大前进速度 $0.25 \text{ mm} \cdot \text{ms}^{-1}$ 计, 也最多阻止胶管前进 3 mm , 不会对连续生产造成明显影响。

另外, 影响切断精度的主要因素还有:

(1) 计米器对经过胶管长度的测量精度。

计米器工作过程如图 6 所示。

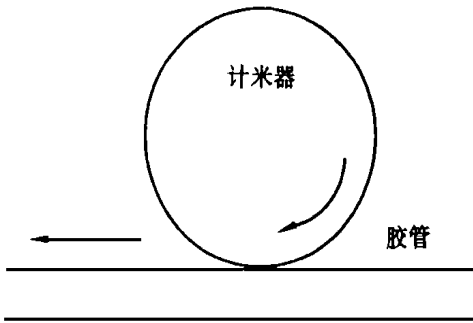


图 6 计米器工作过程示意

胶管运动会带动计米器旋转, 再带动旋转编码器计数。目前设计的计米器外圆周长为 200 mm , 选用的旋转编码器为 $400 \text{ 脉冲} \cdot \text{r}^{-1}$, 分辨率为 0.5 mm , 即理想的测量精度宜为 $\pm 0.25 \text{ mm}$ 。但计米器与胶管间的打滑会带来较大的误差, 因此避免打滑非常关键。

(2) 停刀位置不准带来的误差。现假设停

刀位置的不确定范围小于 10° 角, 按照以上讨论设计的定长切断机可引起的最大切断长度误差将为:

$$\Delta L = \frac{10^\circ}{360^\circ} \times t \times v \approx 1.04(\text{mm})$$

即对切断精度的影响为 $\pm 0.52 \text{ mm}$, 停刀位置的不确定范围越大, 引起的精度误差也就越大。

综上所述, 只要克服了计米器与胶管间的打滑, 保证停刀位置的准确性, 切断精度控制在 $\pm 1.00 \text{ mm}$ 是完全可能的。

4 结论

按以上讨论结果制造的定长切断机经实验得出如下结论:

(1) 切割力大, 对于 $\Phi 70 \text{ mm}$ 以下的胶管, 切断效果良好。

(2) 制动位置准确, 停刀位置偏差小于 5° 角, 可保证很高的切断精度。

(3) 经测试, 本设备技术指标为: 切割直径范围 $5 \sim 70 \text{ mm}$; 切断能力 $100 \text{ 次} \cdot \text{min}^{-1}$; 切断精度 $\pm 1 \text{ mm}$ 。

本设备为清华大学核研院研制的胶管生产线的配套产品。该生产线现已在贵州大众橡胶有限公司、山东大众橡胶有限公司、无锡第二橡胶有限公司、广西柳州鱼峰橡塑厂等厂家使用。据用户反映, 该定长切断机克服了原有切断机切力不足、停刀位置不准和堵刀等现象, 对一般胶管生产线工况都能适用, 并且使用效果良好。

收稿日期 1999-06-26

Development of Constant Length Cutter for Rubber Hose and Strip

Deng Furen, Tong Jianmin, Xu Guang, Gong Jie, Li Xinqiu and Chou Qiaoli

(Qinghua University, Beijing 100084)

Abstract A constant length cutter for rubber hose and strip has been developed. Its principle and structure are described. The cutting diameter of the final constant length cutter ranges from 5 to 7 mm ; the cutting capacity reaches $100 \text{ times} \cdot \text{min}^{-1}$; and the cutting is made within a tolerance of $\pm 1 \text{ mm}$ in continuous operation.

Keywords constant length cutter, rubber hose, rubber strip, precision