

针织缠绕胶管生产线的自动控制系统

邓辅仁, 徐 光, 丑乔力

(清华大学 核能技术设计研究院, 北京 100084)

摘要: 论述了针织和缠绕增强层可互换生产的胶管生产线控制系统的功能及其实现方法, 并介绍了全线控制过程、控制运算和可编程序控制器编程框图。在针织胶管生产线中设计了 3 个控制系统, 测量胶管生产速度、张力和胶管外胶直径; 在缠绕胶管生产线中还配加了内胶直径测量。控制系统由带触摸屏工控机、可编程控制系统等组成, 具有切换、显示、启动/ 停止、升速/ 降速和管理等功能。

关键词: 针织; 缠绕; 胶管生产线; 可编程序控制器

中图分类号: T Q330. 4⁺93 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2000)03-0164-04

随着胶管工业的发展, 能连续生产较长胶管的生产线在国内出现并逐渐普及。由清华大学核能技术设计研究院研制的胶管生产线有针织增强层、缠绕增强层、编织增强层等胶管生产线。应北京橡胶二厂的要求, 我们又研制出针织和缠绕增强层可互换生产的胶管生产线。该项目被列为北京市产、学、研项目, 本文着重介绍全生产线的自控系统。

1 工艺

在针织胶管生产线中设计了 3 个闭环控制系统:

- (1) 胶管生产速度测量并反馈控制内胶挤出速度, 以保证稳定的挤出胶量;
- (2) 张力测量并反馈控制外胶挤出速度, 以保证前后同步运行;
- (3) 胶管外直径测量并反馈控制中牵引机和后牵引机的牵引速度, 以保证产品外胶直径的偏差在 0. 1 mm 以内。

主要设备及工艺流程图如图 1 所示。

在缠绕胶管生产线中, 除了与针织生产线相同的部分外, 把针织机换成缠绕机, 配以内胶直径测量并反馈控制缠绕机和前牵引机的转速比, 以保证缠绕角在 54. 73° 左右。其主要设备

及工艺流程图如图 2 所示。

2 控制系统

(1) 组成

控制系统由带触摸屏工控机、可编程控制系统、变频调速器及直流调速系统等组成, 控制原理图如图 3 所示。

(2) 功能

- ① 切换功能: 在工控机上可自由切换 2 种生产工艺软件, 针织机和缠绕机需人工切换。
- ② 显示功能: 在工控机上模拟显示全线生产、操作示意图, 还有各单机运行速度、内外胶挤出压力、胶管直径值显示, 报表显示及曲线显示等。
- ③ 启动/ 停止: 可就地, 也可在工控机上经可编程序控制器(PLC)开关量操作各单机。
- ④ 升速/ 降速: 可就地, 也可在工控机上经 PLC 的 DA 模块通过变频调速器和直流调速系统对各单机进行升速、降速操作。
- ⑤ 管理功能: 测量参数、控制参数输入及单机跟踪、操作等。

(3) 控制难点

① 缠绕角的保证。根据胶管生产的理论计算, 缠绕角为 54. 73° 时, 增强效果最佳, 而缠绕角 α 的计算公式为

$$\tan \alpha = 2\pi dK \frac{n_2}{v_1} \tag{1}$$

作者简介: 邓辅仁(1964-) 男, 福建永安市, 清华大学助理研究员, 主要从事仪器仪表及自控方面的研究工作。

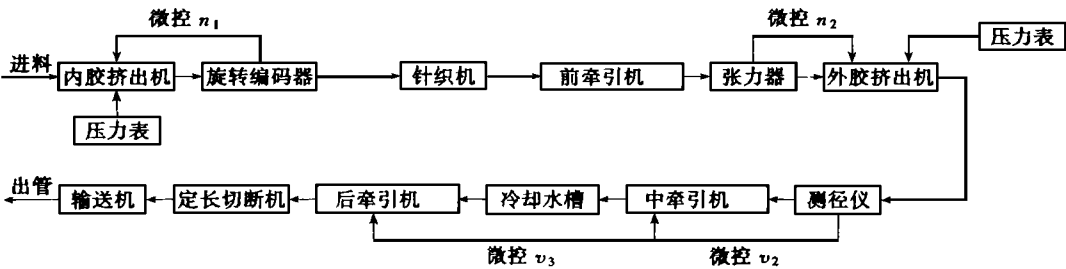


图 1 针织生产线工艺过程框图

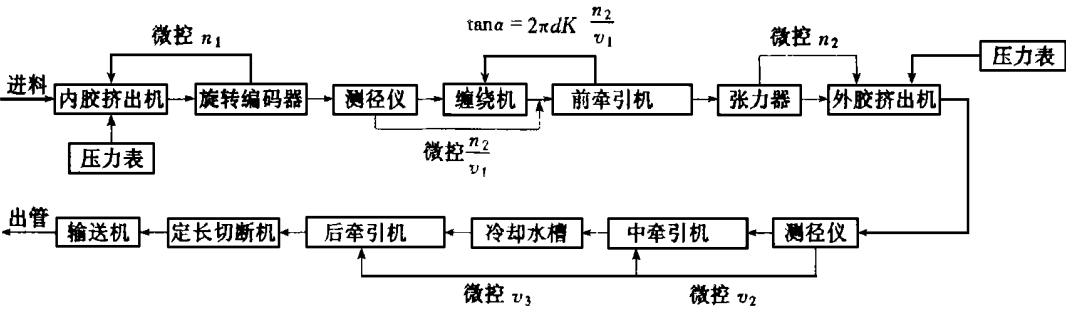


图 2 缠绕生产线工艺过程框图

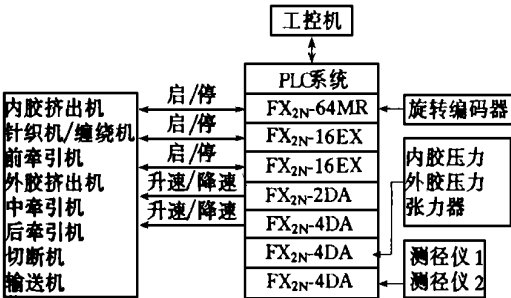


图 3 控制原理图

式中 n_2 ——缠绕机转速;
 v_1 ——前牵引机线速度;
 d ——内胶直径;
 K ——缠绕机与前牵引机转速比(设备制造完后为定值)。

只要保证 α 角稳定, 对于一定内胶直径 d 的胶管, 只要保证 n_2/v_1 恒定, 即可达到目的。但通常情况下胶管内胶直径 d 会发生偏差, 为了保证增强层质量(即缠绕角 α 恒定), 需调整 n_2/v_1 , 以保证 dn_2/v_1 恒定。通常不调 v_1 , 只调 n_2 。因此, 在缠绕生产线上设计了内胶直径测量系统, 并反馈控制缠绕机转速 n_2 , 使缠绕角恒定。

②全线同步控制。张力器前后的各设备应按生产要求协调同步。这由张力器来完成。其原理是: 在两部分之间的胶管堆积处, 设计一个胶管下垂程度测量装置, 称为张力器。把测量值与设定值进行比较, 经时间离散型 PID 运算, 反馈控制外胶挤出速度, 以保证胶管下垂程度趋于稳定, 从而达到前后同步目的。

③控制算法。在模拟量控制系统中, PID 控制规律的表达式为:

$$u(t) = K_c [e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt}] \quad (2)$$

式中 t ——时间;
 K_c ——模拟调节的比例增益;
 T_I ——积分时间;
 T_D ——微分时间;
 $e(t)$ —— t 时刻的偏差量;
 $u(t)$ —— t 时刻的输出。

计算机 DDC 系统是时间离散系统。要实现公式(2)的控制, 就要对其离散化。令

$$\int_0^t e(t) dt \approx T_0 \sum_{i=0}^k e(i)$$
$$\frac{de(t)}{dt} \approx \frac{e(k) - e(k-1)}{T_0}$$

式中 T_0 ——采样周期;
 $e(i)$ ——第 i 次采样偏差量。
将其代入公式(2),得

$$u(k)=K_c e(k)+K_I \sum_{i=0}^k e(i)+K_D [e(k)-e(k-1)] \tag{3}$$

$$\Delta u(k)=u(k)-u(k-1)=K_c [e(k)-e(k-1)]+K_I e(k)+K_D [e(k)-2e(k-1)+e(k-2)]= (K_c+K_I+K_D)e(k)-(K_c+2K_D)e(k-1)+K_D e(k-2)$$

令 $A=K_c+K_I+K_D$, $B=K_c+2K_D$, $C=K_D$, 则
$$\Delta u(k)=Ae(k)-Be(k-1)+Ce(k-2) \tag{4}$$

其中 A , B 和 C 三个动态参数为中间变量, 反映各次偏差对控制作用的影响。本生产线的 4 个控制运算都以公式(4)为基础, 只需分别输入 A , B 和 C 各参数, 即可反映PID控制效果。
 $e(k)$ 为第 k 次采样时的偏差(测量值与目标

式中 $u(k)$ 是第 k 次采样时刻计算机的输出;
 $K_I=K_c T_0/ T_I$, 称为积分系数; $K_D=K_c T_D/ T_0$, 称为微分系数。

因本生产线采用增量型 PID 控制, 增量为 $\Delta u(k)$ 。

④PLC 编程框图

PLC 编程框图见图 4。

3 结语

针织缠绕胶管生产线已于 1997 年年底在北京橡胶二厂安装调试成功, 并投入试生产。

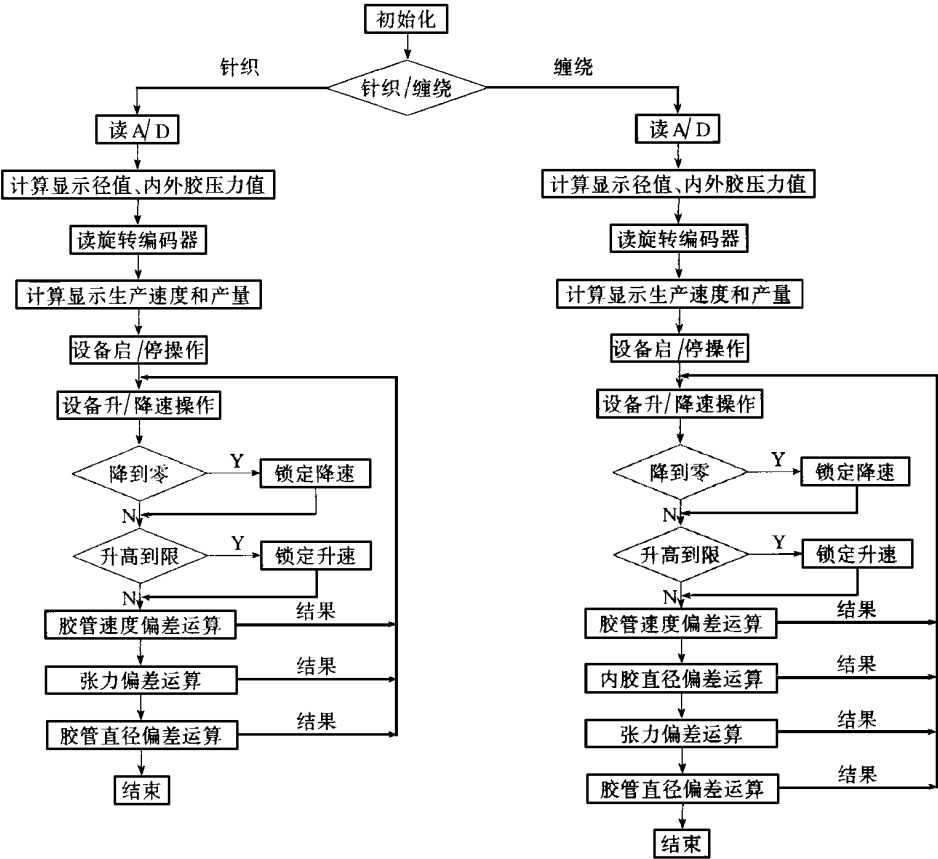


图 4 PLC 编程框图

在试生产过程中, 操作人员一致认为该生产线自动化水平高、操作简便、运行稳定可靠、控制精度高, 与旧工艺相比, 生产效率和劳动生产率都有大幅度提高。该生产线已于 1999 年年初通过北京市科委主持的鉴定, 到会专家一致认

为, 该生产线及其生产的产品质量均达到国际先进水平, 该设备及其生产工艺具有广阔的推广前景。

收稿日期: 1999-09-14

Automatic control systems of knitting and winding rubber hose production line

DENG Fu-ren, XU Guang, CHOU Qiao-li

(Qinghua University, Beijing 100084)

Abstract: The control systems for production line of rubber hose with switchable knitting or winding carcass are described, and the control process, control calculation and PLC block are introduced. 3 control systems are set up on the knitting rubber hose production line to measure the production velocity, tension and outer diameter of rubber hose. The control system consists of the process controller with touch screen, PLC and so on, and has many functions, such as switch, display, start/stop, acceleration/deceleration, and management etc. .

Keywords: knitting; winding; rubber hose production line; PLC