

本文引用格式: 张松涛.YF73 型盘纸自动更换机盘纸直径和放卷速度的计算及修正方法[J].自动化与信息工程,2022,43(6):52-55.  
ZHANG Songtao. Calculation and correction method of reel diameter and unwinding speed of YF73 automatic paper reel changer[J]. Automation & Information Engineering, 2022,43(6):52-55.

## YF73 型盘纸自动更换机盘纸直径和放卷速度的计算及修正方法

张松涛

(许昌烟草机械有限责任公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 该文分析了 YF73 型盘纸自动更换机在 3 种不同情况下的盘纸直径和放卷速度的计算原理, 推导盘纸直径和放卷速度的计算方法以及相关的计算公式, 并将该计算方法应用于 PLC 控制程序。经现场应用验证, YF73 型盘纸自动更换机能与高速滤棒成型机的速度精确同步, 提高了生产效率, 降低了操作人员的劳动强度。

**关键词:** 盘纸自动更换机; 盘纸直径; 放卷速度; 动态修正

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-2605(2022)06-0009-04

DOI: 10.3969/j.issn.1674-2605.2022.06.009

## Calculation and Correction Method of Reel Diameter and Unwinding Speed of YF73 Automatic Paper Reel Changer

ZHANG Songtao

(Xuchang Tobacco Machinery Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** This paper analyzes the calculation principle of the reel diameter and unwinding speed of YF73 automatic reel changer under three different conditions, derives the calculation method of the reel diameter and unwinding speed as well as the relevant calculation formula, and applies the calculation method to the PLC control program. Through field application verification, YF73 reel paper automatic replacement function is precisely synchronized with the speed of high-speed filter rod forming machine, which improves the production efficiency and reduces the labor intensity of operators.

**Keywords:** automatic paper reel changer; reel diameter; unwinding speed; dynamic correction of diameter

### 0 引言

高速滤棒成型机用于生产卷烟过滤嘴, 生产速度达 500~600 m/min。若以每盘纸长度为 4 500~5 000 m 计算, 操作人员需每隔约 9 min 更换一盘纸, 劳动强度较大。采用盘纸自动更换机, 实现自动送纸、断纸检测、自动更换盘纸等功能, 可降低操作人员的劳动强度, 提高生产效率。然而, 盘纸自动更换机在运行过程中需要不断地计算盘纸直径并动态修正放卷速度, 才能与高速滤棒成型机的速度精确同步, 避免盘纸被拉断<sup>[1]</sup>。若盘纸频繁被拉断, 会引起高速滤棒成型机停机, 重新穿纸需耗时约 5 min, 严重影响了生

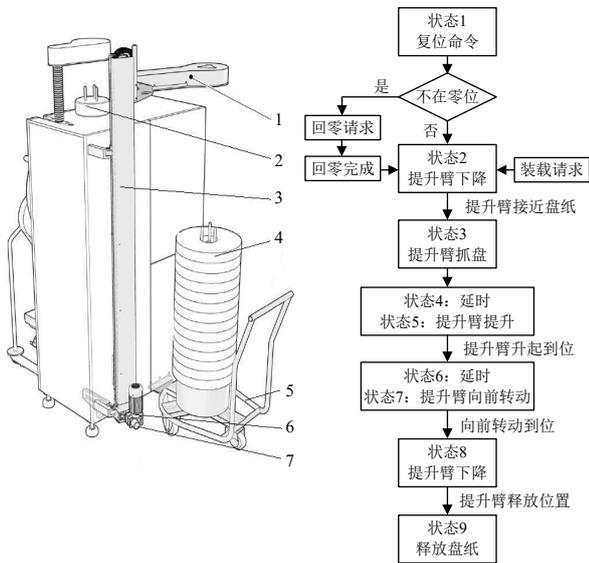
产效率, 并导致原辅材料醋酸纤维素束和盘纸的浪费, 且由于工艺因素, 每次穿纸后重新运行高速滤棒成型机需剔除一些滤棒, 增加了生产成本。

本文通过分析 YF73 型盘纸自动更换机的放卷工作原理, 给出盘纸直径和放卷速度的计算及修正方法, 推导出相关的计算公式, 并简单介绍其 PLC 控制程序的实现方法。

### 1 YF73 型盘纸自动更换机

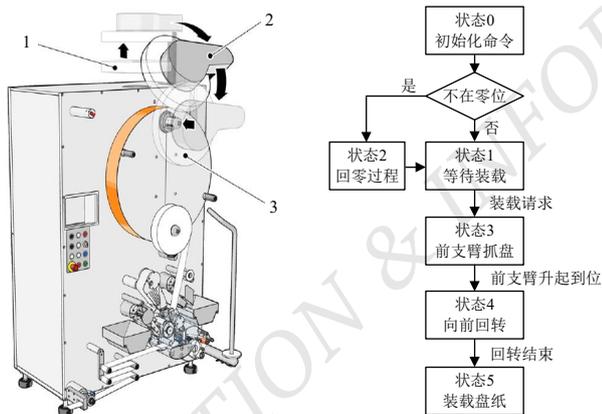
YF73 型盘纸自动更换机以精确同步速度, 不间断地将盘纸输送给高速滤棒成型机, 实现自动取盘、

装盘、盘纸自动开卷、废旧盘纸接头自动回收等功能。提升臂、前支臂装载盘纸控制流程分别如图 1、图 2 所示。



1—盘纸提升臂；2—盘纸安装底座；3—提升导轨；4—纸盘；5—盘纸小车；6—提升电机；7—提升编码器

图 1 提升臂装载盘纸控制流程



1—新纸盘；2—盘纸安装臂；3—纸盘架

图 2 前支臂装载盘纸控制流程

YF73 型盘纸自动更换机主要由电气控制系统、人机界面、伺服驱动系统等部分组成。其中，电气控制系统由 S7-300 系列 PLC 完成主控任务，程序主要采用 Step7 的语句表 (STL) 和梯形图 (LAD) 等编写；人机界面实现参数设定、设备调试、故障报警、信息显示等功能；伺服驱动系统采用 MLC 运动控制器<sup>[1]</sup>。

## 2 盘纸直径计算和修正方法

设盘纸直径为  $D_{\text{盘纸}}$ ，盘纸放卷速度为  $n_{\text{盘纸}}$ ，则高速滤棒成型机（主机）速度  $V$  的计算公式为

$$V = \pi \times D_{\text{盘纸}} \times n_{\text{盘纸}} \quad (1)$$

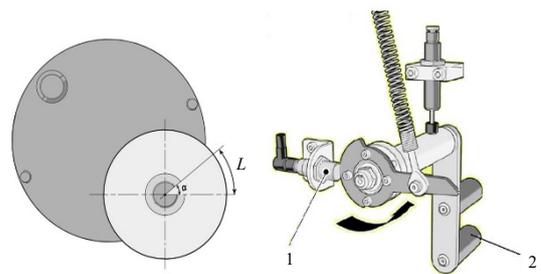
由公式(1)可知，当  $V$  已知时，只有知道  $D_{\text{盘纸}}$ ，才能计算  $n_{\text{盘纸}}$ ，即伺服电机的放卷速度。

$D_{\text{盘纸}}$  的计算有 3 种情况：

- 1) 高速滤棒成型机开机前，根据生产工艺的要求，盘纸在  $238^\circ$  位置；
- 2) 盘纸更换后，纸盘架旋转  $180^\circ$ ，盘纸在  $58^\circ$  位置；
- 3) 高速滤棒成型机正常运行过程中，盘纸直径动态修正。

### 2.1 在 $238^\circ$ 位置时计算盘纸直径

在高速滤棒成型机开机前，伺服驱动系统需要知道  $D_{\text{盘纸}}$  才能有效跟踪高速滤棒成型机的运行速度。当盘纸在  $238^\circ$  位置时， $D_{\text{盘纸}}$  由 Step7 编程软件的 FC563 程序块判断开始计算的条件，并配合伺服驱动系统进行计算，计算原理示意图如图 3 所示。



1—张紧器（线性传感器 6S271）；2—张力臂

图 3 开机前，盘纸在  $238^\circ$  时直径计算原理示意图

当盘纸在  $238^\circ$  位置时，高速滤棒成型机开机前，带动盘纸旋转的伺服电机即放卷电机逆时针缓慢转动，绕在张力臂上的部分盘纸被收回，带动张力臂运动；张力臂的位置由张紧器（线性传感器 6S271）检测；当线性传感器 6S271 的电压从 2 V 增加到 5 V 时，放卷电机停止转动；此时，回收的盘纸长度为一定值  $L$ ，伺服驱动系统计算放卷电机的回转角度为  $\alpha$ ，则  $D_{\text{盘纸}}$  的计算公式为

$$D_{\text{盘纸}} = \frac{360 \times L}{\alpha \times \pi} \quad (2)$$

高速滤棒成型机开始运行时，伺服驱动系统以  $V$  和  $D_{\text{盘纸}}$  确定  $n_{\text{盘纸}}$  初始值。

Step7 编程软件的 FC563 程序块部分内容为：

```
A "MOTION_to_PLC_DB".FQ_x_DCbusPowered; 伺服
  备好
AN "MOTION_to_PLC_DB".PaperSynchroOk; 盘纸同步
AN "MOTION_to_PLC_DB".RunReelDiameterOK
AN "RF_SetRunningBobbinDb".BobbinRunningUnknown
AN "PLC_to_MOTION_DB".SetRunningReel; 设定旋转盘
A "PLC_to_MOTION_DB".Paper_NO_Break; 无断纸
AN "RF_DiamEvaluatReelDB".ToutCalcoloDiamBobRun
A "Main_to_RF".PaperDiameterEvalOK; 直径计算备好
AN "RF_to_Main".RedMsg12
A(O "RF_keyboardDb".PaperLoadingUpEdge
O "RF_ManPaperInsertionDB".PaperIns_MainPLC_CMD
O "RF_keyboardDb".ResetBobbinLoaderUpEdge
O "PLC_to_MOTION_DB".ManPaperInsertion
O "RF_DiamEvaluatReelDB".Dp_OKforDiameterEvalEdt)
S "PLC_to_MOTION_DB".RunReelDiamEvaluation
```

满足以上条件，PLC 开始计算  $D_{\text{盘纸}}$ 。

## 2.2 在 58° 位置时计算盘纸直径

当盘纸在 58° 位置时，盘纸直径计算原理示意图如图 4 所示。

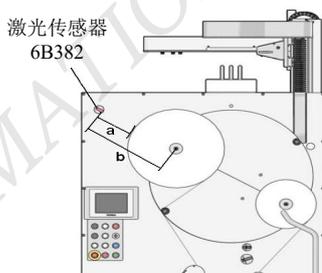


图 4 盘纸在 58° 时的直径计算示意图

激光传感器 6B382 检测其到盘纸边缘的距离  $a$ 、到盘纸圆心的固定距离  $b$ 。激光传感器 6B382 输出的模拟电压范围为 1~10 V，分别对应 100~400 mm 的

距离。 $D_{\text{盘纸}}$  计算公式为

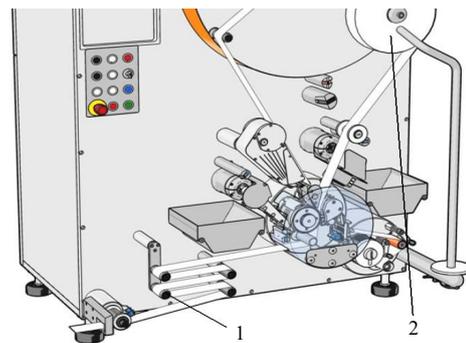
$$D_{\text{盘纸}} = 2 \times (b - a) \quad (3)$$

Step7 编程软件的 FC579 程序块完成距离  $a$  和距离  $b$  的长度转换，以及  $D_{\text{盘纸}}$  的计算。Step7 编程软件的 FC579 程序块部分内容为：

```
L "RF_DiameterMeasureDb".HighValueSensor;
  即长度 b
L "RF_DiameterMeasureDb".LowValueSensor; 即长度 a
-I
ITD
DTR
T #RangeLettura; 即 b-a
L 2.000000e+000
*R
T ReelNewDiam_Mtr; 即 2(b-a)
```

## 2.3 盘纸直径动态修正

随着盘纸直径逐渐变小，线性传感器 6S271 对  $D_{\text{盘纸}}$  进行动态修正，如图 5 所示。



1—张紧器（线性传感器 6S271）；2—当前运行盘纸

图 5  $D_{\text{盘纸}}$  动态修正示意图

从高速滤棒成型机的角度来看，高速滤棒成型机速度  $V$  的计算公式为

$$V = \frac{n_{\text{滤棒}}}{2} \times L_{\text{滤棒}} \quad (4)$$

式中：

$n_{\text{滤棒}}$ ——滤棒的生产速度；

$L_{\text{滤棒}}$ ——滤棒的长度。

从盘纸的角度来看,  $n_{\text{盘纸}}$  的计算公式为

$$n_{\text{盘纸}} = \frac{V}{\pi \times D_{\text{盘纸}}} \quad (5)$$

因公式(4)、(5)中的  $V$  相等, 可得  $n_{\text{盘纸}}$  为

$$n_{\text{盘纸}} = \left( \frac{L_{\text{滤棒}}}{2 \times \pi \times D_{\text{盘纸}}} \right) \times n_{\text{滤棒}} \quad (6)$$

式中:

$$\frac{L_{\text{滤棒}}}{2 \times \pi \times D_{\text{盘纸}}} \text{——动态速比。}$$

由公式(6)可以看出, 当  $D_{\text{盘纸}}$  变小时, 动态速比变大, 需要提高  $n_{\text{盘纸}}$ , 才能满足高速滤棒成型机对滤棒纸的需求。

$D_{\text{盘纸}}$  动态修正由 PLC 控制系统和伺服控制系统共同完成。当高速滤棒成型机正常运行, YF73 型盘纸自动更换机的送纸速度与高速滤棒成型机匹配完好时, 线性传感器 6S271 处于垂直位置; 随着  $D_{\text{盘纸}}$  逐渐变小, 线性传感器 6S271 向右偏移, PLC 控制系统实时采集线性传感器 6S271 的位置信号; FC571 程序块将线性传感器 6S271 的位置信号转换为 -5 000~5 000 之间的整数 (线性传感器 6S271 向右摆动为负数, 向左摆动为正数), 并传送到伺服控制系统; 盘纸每转 10 圈, 伺服控制系统根据当前线性传感器 6S271 的位置计算  $D_{\text{盘纸}}$ , 随着  $D_{\text{盘纸}}$  变小, 动态速比增大,  $n_{\text{盘纸}}$  也随之增大, 以维持 YF73 型盘纸自动更换机放卷速度和高速滤棒成型机生产速度的精确匹配<sup>[2]</sup>。

如果  $D_{\text{盘纸}}$  的计算有偏差, 将导致  $n_{\text{盘纸}}$  和  $V$  不匹配。当线性传感器 6S271 左右摆动超过 2 cm 时, 伺服控制系统立即修正  $D_{\text{盘纸}}$ , 控制其摆动幅度在 0.5 cm 左右, 以维持供纸的稳定性。

### 3 应用效果

YF73 型盘纸自动更换机已在某些烟厂投入使用, 运行效果良好。在现场应用中, ZL28 双通道高速滤棒成型机的额定生产速度为 10 000 支/min, 线速

度为 500 m/min。在 ZL28 双通道高速滤棒成型机启动、降速、正常生产、换纸时, YF73 型盘纸自动更换机都能与高速滤棒成型机的速度精确同步, 没有出现因盘纸被拉断而引起停机的情况。现场观察表明:

- 1) 盘纸断纸次数由原来的平均每天约 2 次减少至连续一周的正常生产, 没有出现盘纸由于速度同步精度问题被拉断而引起高速滤棒成型机停机的情况;
- 2) 滤棒成型机的有效生产效率由 91% 提升至 96%;
- 3) 原辅材料利用率提高约 0.5 个百分点;
- 4) 由于停机次数减少, 操作人员劳动强度降低, 由 2 人减少到 1 人。

### 4 结论

本文在 3 种不同的情况下, 通过对 YF73 型盘纸自动更换机的盘纸直径和放卷速度进行计算和修正分析, 得出其计算原理和方法, 从而使 YF73 型盘纸自动更换机放卷速度与高速滤棒成型机的速度精确同步, 使盘纸不被拉断, 保证高速滤棒成型机稳定生产。根据应用效果可以得出如下结论:

- 1) 盘纸自动更换机盘纸在 58°、238° 位置运行时, 盘纸直径计算采用的方法和原理不同, 通过不同计算方法可提高其放卷速度的同步精度, 减少断纸次数, 从而提高高速滤棒成型机的生产效率;
- 2) 盘纸自动更换机放卷速度和盘纸直径的计算精度提高后, 高速滤棒成型机原辅材料的利用率得到提高, 操作人员减少, 提高了经济效益;
- 3) 本文提出的计算和修正方法可为以后的盘纸自动更换机设计和改进提供一定的参考和借鉴。

### 参考文献

- [1] 费翔, 赵宝生. 烟机设备修理工[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2013.
- [2] 刘锴, 彭响. 滤棒成型工[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2016.

### 作者简介:

张松涛, 1982 年生, 学士, 工程师, 主要研究方向: 烟草机械的研发。E-mail: st\_888@139.com