

# CXJ-003 型拆箱机烟叶箱打包带智能剪切装置的研制

## Development of Intelligent Shearing Device for Packing Belt of Tobacco Leaf Box of CXJ-003 Unpacking Machine

周群华 李惊宇 罗裕

Qunhua Zhou Jingyu Li Yu Luo

江西中烟有限责任公司赣州卷烟厂 中国·江西 赣州 341000

Jiangxi China Tobacco Co., Ltd. Ganzhou Cigarette Factory, Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

**摘要:** 针对 CXJ-003 型拆箱机烟叶箱打包带需要人工切割, 拆箱机位操作人员体力消耗大, 劳动强度高的问题, 研制烟叶箱打包带智能剪切装置。该装置包括同步带滑台模组、伺服剪切机构、色标光纤放大传感器、自动控制系统等, 在片叶箱运行过程中, 由色标光纤放大传感器智能识别片叶箱打包带, 由伺服剪切机构柔性叉取剪切。项目实施后, 烟叶箱打包带不再需要人工剪切, 剪切成功率达到 100%, 有效降低操作人员的劳动强度。该装置智能化程度较高, 运行稳定, 精简实用, 维护成本低, 在行业内具有较高的推广价值。

**Abstract:** Aiming at the problems of manual cutting of tobacco leaf box packing belt of CXJ-003 unpacking machine, large physical consumption and high labor intensity of operators at the unpacking position, an intelligent cutting device for tobacco leaf box packing belt is developed. The device includes synchronous belt sliding table module, servo shearing mechanism, color code optical fiber amplifier sensor, automatic control system, etc. During the operation of the blade box, the color code optical fiber amplifier sensor intelligently identifies the packing belt of the blade box, and the servo shearing mechanism flexibly forks and shears. After the implementation of the project, the tobacco box packing belt no longer requires manual cutting, and the cutting success rate reaches 100%, effectively reducing the labor intensity of operators. The device is highly intelligent, stable in operation, simple and practical, low in maintenance cost, and has high promotion value in the industry.

**关键词:** CXJ-003 型拆箱机; 打包带; 智能识别; 柔性贴合; 叉取剪切

**Keywords:** CXJ-003 type unpacking machine; packing belt; intelligent identification; flexible fit; cross cutting

**DOI:** 10.12346/etr.v4i9.7077

## 1 引言

CXJ-003 型拆箱机为人机共同协作半自动设备, 具有操作灵活简单、工作效率高、结构紧凑、占地面积小、购置成本低、易于维护等特点, 是用于烟叶箱拆箱的通用设备, 为卷烟生产企业广泛使用。卷烟厂制丝线的首道工序是片烟预处理, 通过拆箱机将烟叶箱的包装纸箱与内部烟坯分离, 便于烟坯进入下道切片工序。因该机系统是人机共同协作的工程, 其效率与操作人员的经验和熟练程度均有直接关系, 设备中某些工序必须由人工来完成, 如划断打包带、打开纸箱取出内部纸板等操作, 为后续自动脱箱、切片等工序做准备。

## 2 项目背景

### 2.1 工作原理

开箱机位操作人员按操作盒“工作台启动”按钮, 滚道输送机启动, 将其工作台上待机烟叶箱送至翻箱机工作台位, 翻箱机工作台向前倾斜, 操作人员用美工刀划断打包带, 打开纸箱上盖, 取出内部纸板, 抽出打包带, 按操作盒“打包带抽出”按钮, 烟叶箱输送往脱箱机位置, 进入脱箱、切片等工序, 翻箱机同时翻转回到初始位置, 等待下一流程。

### 2.2 主要结构

CXJ-003 型拆箱机主要由机械、气动和电气等部分组成的综合设备。机械部分是由滚道输送机、翻箱机、皮带输送

【作者简介】周群华 (1968-), 男, 中国江西赣州人, 本科, 工程师, 从事机械智能化设计研究。

机、脱箱机、空箱码垛机等部分组成，气动部分主要由阀岛连接控制各路气缸工作，电气控制部分主要由 PLC 控制系统硬件及相应的软件组成<sup>[1]</sup>。

### 3 存在问题

烟叶箱到达翻箱机工作台，首道工序是开箱机位操作人员使用刀片，将烟叶箱外表的打包带划断，打开纸箱上盖，取出内部塑料袋、纸板等杂物，在划割打包带时，需挥动手臂，用较大力度才能切断打包带，整个工作时段体力消耗大，劳动强度高，需配置多人轮换操作，有待改进提升设备性能，降低操作人员劳动强度，提高工作效率的需求。

原因分析：

#### 3.1 打包带抗拉强度大、剪切强度高

烟叶箱采用符合 C48 国际标准（1115×690×735）或 YC/T137.1 标准（1136×720×725）的 200 kg 包装规格制造，内部烟叶质量 200 kg，对烟叶箱使用的打包带韧性、强度等质量标准要求较高。

①打包带抗拉强度检测：引用标准 GB 1040 检测方法，使用 KZW-300 微控抗张试验机，抽取打包带样品检测，取得数据与“塑料打包带标准”对照，检测打包带符合到：宽度 12 mm ± 0.6 mm、厚度 1 mm、抗拉强度 ≥ 1.10 kN 技术要求。

②剪切强度的计算：从材料力学手册查得，塑性材料剪切强度与抗拉强度对应系数：剪切强度为 0.6~0.8，抗拉强度 ≈ 0.88 kN/mm<sup>2</sup>。

③冲切力计算：

冲芯周长 = 刀刃厚度 0.02 mm。

冲切力（切断力）kN = 冲芯周长 mm × 材料厚度 mm × 材料剪切强度 kN/mm<sup>2</sup> = 0.02 mm × 1 mm × 0.88 kN/mm<sup>2</sup> = 0.0176 kN ÷ (9.81 × 1000) ≈ 1.8 kg。

从上述检测、计算可得出：划断打包带需达到 1.8 kg 的冲切力。

#### 3.2 设备自动化程度较低

由于 CXJ-003 型拆箱机是国家 863 计划的创新项目，设计该设备为人工操作半自动设备，无机械切割打包带装置。

#### 3.3 无专用切割工具

通常使用美工刀，手握靠臂力划切打包带，正常单班连续生产约需开 7~8 批次牌号的烟叶箱，整个工作时段体力消耗较大，劳动强度较高。

为解决开箱机位操作人员体力消耗大，劳动强度高的问题，提出烟叶箱打包带剪切装置研制项目，拟出以下技术方案，进行评价论证，确定具体实施方案。

## 4 技术方案

### 4.1 方案设计要求

①项目资金预算：本级科技项目预算资金不大于 10 万元。

②项目实施周期：本级科技项目原则上从实施至验收结论的周期为一周年。

③剪切成功率：在烟叶箱外包装纸箱相对正常完好的情况下，装置运行稳定可靠，剪切打包带成功率需达到 100%。

### 4.2 方案选择

#### 4.2.1 方案一：机械手剪切装置

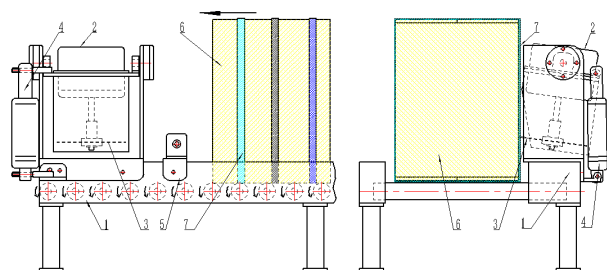
措施：参照现有部分卷烟厂采用机器人拆箱机，使用机械手切割打包带方式，申报技改项目购置机械手剪切打包带部分设备。

可行性分析：剪切机械手占地面积大，需增设烟叶箱输送铺联设备线路，项目资金接近百万元，需上一级公司立项审批，项目立项至实施、验收周期远超一周年，无法满足方案设计的要求，实施可行性不足。

结论：不采用。

#### 4.2.2 方案二：偏摆式机械切割装置

措施：如图 1 所示，在待机烟叶箱与拆箱机之间设置偏摆式机械切割装置，当拆箱机发出要料信号，切割电机联动启动，滚道输送机运送烟叶箱往拆箱机方向平移，在光电开关检测到烟叶箱时，切割机机构偏摆向烟叶箱侧面，高速旋转刀片在其侧面切割一直线刀槽，将烟叶箱侧面打包带切断。



1—滚道输送机；2—切割电机；3—切割刀片；4—摆动推杆；5—光电开关；6—烟叶箱；7—打包带

图 1 偏摆式机械切割装置结构示意图

可行性分析：经模拟测试论证，制作资金约 1 万元，实施周期 2 个月，由于烟叶箱往拆箱机方向平移速度过快存在跳带现象、刀片切割深度过深负载过大卡刀、切割刀刃焦结打滑、直线刀槽开裂影响脱箱工序等诸多不足之处，剪切成功率不足 60%。

结论：不采用。

#### 4.2.3 方案三：智能剪切装置

措施：在烟叶箱待机位置，设置智能剪切装置，利用烟叶箱待机时间段，行驶滑台装载剪切机组与智能识别传感器平行烟叶箱侧面水平运行，扫描识别到打包带时，剪切机构推出贴紧烟叶箱侧面滑行，做叉取、剪切打包带，延时复位等动作。

可行性分析：该方案是针对方案二测试过程存在的不足，

进行改进完善所制定的措施，经过实验室模拟测试，剪切功率达到 96% 以上，预计项目资金约 5 万元、实施周期约需 10 个月。

结论：满足方案选择要求的各项条件，选择方案三。

### 4.3 设计思路

设计烟叶箱打包带智能剪切装置包括：行驶滑台、识别传感、剪切机组、自控系统四部分（如图 2 所示）。

①行驶滑台：装载智能识别传感器、剪切机构按照设定程序运行，实现自动行驶功能。

②智能识别传感：智能识别传感器在行驶滑台行驶过程中，扫描纸箱侧面，实现智能识别打包带，并发出传感指令功能。

③剪切机组：在行驶过程中，根据接收到传感指令，实现推出叉取滑板贴合烟叶箱侧面行走、叉取、剪切打包带及延时复位等功能。

④自控系统：实现程序自动控制剪切装置各功能块系列动作自动运行<sup>[2]</sup>。

## 5 方案实施

### 5.1 行驶滑台选择

借鉴 3D 打印的直线滑台模组：滑台借助钢珠在滑块和导轨之间循环的滚动、承载负荷，摩擦力小、线性运动高精度，可实现精简化、精准化机械传动，采用伺服控制具有速度按需求分时段编程控制、途中异常智能处置等优点。

### 5.1.1 直线滑台模组参数确定

有效行程 L：烟叶箱长度标准为 1115~1136 mm，在滚道输送机待机停放存在  $\pm 150$  mm 偏差，预留剪切机构长度约 200 mm，选择有效行程为  $L \geq 1500$  mm。

水平载荷 G：主要承载剪切机构做水平往复运行，预估剪切机构质量约 10 kg，滑台为普通工况条件工作，载荷系数  $f_w=1.5$ ，选择水平载荷  $G > 15$  kg。

水平速度 v：按最大生产流量 8000 kg/h，开箱速度 40 箱/h，则烟叶箱待机位停留时长 90 s，往复行程 3000 mm，计算得出：水平速度  $v \geq 35$  mm/s。

### 5.1.2 确定行驶滑台

根据确定选择类型、性能、参数，选择同步带滑台模组，确定组件清单。表 1 为同步带滑台模组组件清单。

## 5.2 智能识别传感技术选择

### 5.2.1 方案一：成像识别

技术来源：借鉴人脸识别技术，利用计算机数字图像处理和模式识别技术，对物体的几何、形态和纹理特征，通过图像处理有效提取存储到素材库。

实施方法：将烟叶箱的打包带形状特征扫描存储到图像处理素材库，可实现快速准确检测识别打包带。

### 5.2.2 方案二：色标识别

技术来源：光发射接收变化量原理，检测特定色标或物体上的斑点，它是通过检测色标对光束的反射或吸收量与周围材料相比的不同而实现检测的。

实施方法：通过现场调研发现，烟叶箱表层都是采用黄

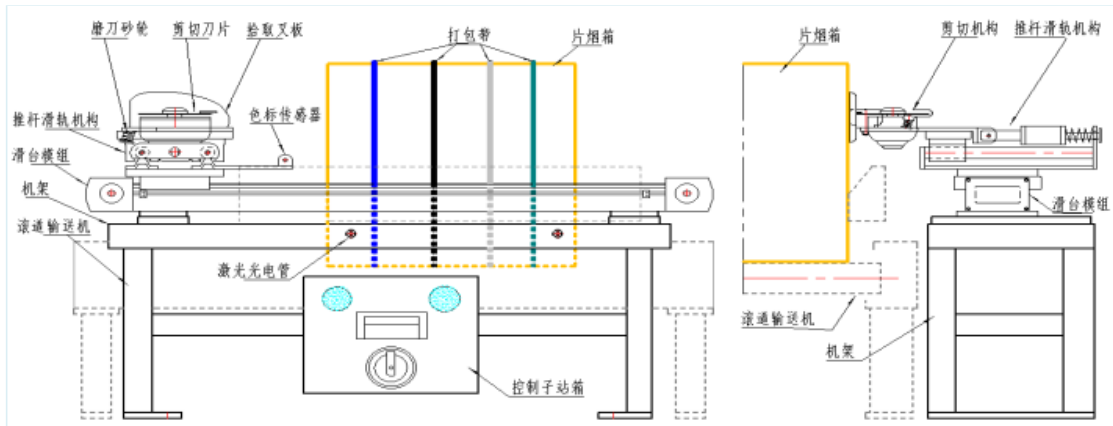


图 2 打包带智能剪切装置设计思路图

表 1 同步带滑台模组组件清单

序号	名称	型号	规格	参数	数量
1	同步带滑台	DS45M	45 × 45 mm	有效行程 1500 mm	1
2	接近开关	TL-Q5MC1	NPN	6~36V DC	2
3	步进电机	57HBP	112AL4	1.8°、3 A、3 NM	1
4	驱动器	DM542	20~50V DC	PUL+ (5~24 V)	1
5	控制器	CM35D-20	+24 V DC	负载 100 W	1

色铜版纸制作，打包带外表颜色无与铜版纸接近颜色的特点，实现快速准确检测识别打包带。

### 5.2.3 方案对比

通过实验室模拟试验测试，确定智能识别器件性能选择要求：稳定检测距离  $\geq 40 \pm 10$  mm、正常识别成功率达到 100%、制作成本控制 5000 元以内。表 2 为智能识别器件对比分析表。

表 2 智能识别器件对比分析表

方案 性能	成像识别	色标识别
稳定检测距离	$\geq 500 \pm 50$ mm	$\geq 50 \pm 15$ mm
识别稳定性	识别存储库的成功率 100%	成功率 100%
安装便利	体型较大	体型小巧
制作成本	9500 元	800 元
对比分析	只能识别存储到素材库打包带	符合选择要求

方案确定：据方案对比选择：色标光纤放大传感器，型号 BS-501+24V DC。

### 5.3 剪切机组选型

通过市场调研，参照制衣行业使用的裁剪机，选取具有磨刀装置功能，依据外型、动力、安全及价格等优势进行剪切机机型选择，确认选择：型号 RCS-100 步进伺服剪切机，功率  $P=200$  W，装配直径  $\Phi 100$  mm 圆八角锋钢刀片<sup>[3]</sup>。

### 5.4 电控系统

控制电路图：根据剪切装置运行流程，设计绘制控制电路图。

制作子站箱：根据剪切装置运行流程，控制电路图，选择相关控制器件，制作控制子站箱。

程序编制安装：按照设计控制流程，编制控制程序，安装到位。

现场安装调试：现场安装定位，连接电源线路，进行运行调试。

### 6 应用效果

通过烟叶箱打包带智能剪切装置近一年在线运行，剪切装置运行稳定，外形正常烟叶箱的剪切成功率高达 100%，达到项目目标要求，有效地降低了开箱机位操作人员劳动强度，在行业内具有较高的推广价值。

### 参考文献

- [1] 江西中烟工业有限责任公司.一种CXJ-003型开包机烟箱包扎带切割装置:CN202021013624.4[P].2021-02-26.
- [2] 江西中烟工业有限责任公司.一种CXJ-003型开包机烟箱包扎带切割装置及其切割方法:CN202010503795.3[P].2020-10-27.
- [3] 束德林.工程材料力学性能[M].北京:机械工业出版社,2007.