

# 基于 PLC 的自走式单轨运输机驾驶控制系统设计

王琢, 张俊峰\*, 肖进, 张唐娟, 罗欣, 田满洲, 罗友谊 (武汉市农业科学院, 湖北武汉 430345)

**摘要** 山区丘陵地带适合种植柑橘等水果, 然而果实和肥料的运输成为一件耗时、费力的工作, 以汽油机为动力输出的自走式单轨运输机可以解决上述问题。面向自走式单轨运输机设计了一套基于 PLC 的驾驶控制系统, 对 CPU、遥控、电动直线推杆等关键模块进行了选型, 完成了机械结构的电气化改造以及电路系统硬件组态和控制系统逻辑设计, 实现了运输机前进、后退、刹车操作的遥控控制和现地控制。经测试, 该系统功能满足要求, 稳定可靠。

**关键词** 运输机; 果园; PLC; 遥控; 控制系统

中图分类号 S24 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)20-0222-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.058



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Design of Driving Control System of Self-propelled Monorail Conveyor Based on PLC

WANG Zuo, ZHANG Jun-feng, XIAO Jin et al (Wuhan Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hubei 430345)

**Abstract** The hilly areas are suitable for citrus and other fruits. However, the transportation of fruits and fertilizers becomes a time-consuming and laborious task, which can be solved by self-propelled monorail conveyor powered by gasoline engines. The author designed a set of driving control system based on PLC for self-propelled monorail conveyor. CPU, remote control, electric putter and other key modules were selected, the electrical transformation of the mechanical structure and the hardware configuration of the circuit system and the logic design of the control system were completed, and the remote control and local control of the forward, backward and brake operation of the transport aircraft were realized. After testing, the system functions could meet the requirements, it was stable and reliable.

**Key words** Conveyor; Orchard; PLC; Remote control; Control system

水果是人类饮食中不可缺少的重要组成部分, 不仅含有丰富的营养成分, 而且能够帮助胃肠道消化。随着人们生活水平的提高和改善性需求的增长, 水果在农业经济中占据的地位也不断提高。2018 年我国水果产量约 25 688.35 万 t, 进口量约 572.5 万 t, 出口量约 357.05 万 t, 国内水果需求量约 25 903.8 万 t, 国内水果销售市场规模达到 2.03 万亿元。其中, 柑橘产量达到 41 38.1 万 t, 是我国栽培面积及产量最大的水果。广西、湖南、江西、四川、湖北等南方地区是我国主要的柑桔产区。目前, 我国柑桔品种已逐步走向良种化、区域化、规模化生产, 然而大量的柑桔等果园都建立在山区丘陵地带。山区丘陵地带是我国农业机械化的一大短板, 其地理特征决定了大型农业机具无法作业, 此外, 山区丘陵地带还存在电气化、信息化程度低等问题, 在山坡上安装电缆是一件成本极大的工程, 且存在蜂窝网络信号弱的问题。为了解决山区丘陵地带果园内果实和肥料运输的问题, 华中农业大学研发了一套以汽油机为动力输出的自走式单轨运输机, 用户在运输机旁边操纵机械式推杆, 实现运输机的前进、后退、刹车<sup>[1-3]</sup>。在这种方式下, 用户必须跟随运输机在山间运动, 以便于实时进行运行状态的切换, 没有彻底摆脱人力的干预。虽然它从一定程度上解决了运输机械化的问题, 但信息化程度较低。PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算控制器, 随着农业生产工业化的发展, 近年来 PLC 也常被应用在农业领域<sup>[4-7]</sup>。为了进一步提高该运输机的工作效率, 笔者设计了一套基于 PLC 的自走式单轨运输机

驾驶控制系统。

## 1 总体设计

目前, 果农通过操控 2 个机械推杆实现单轨运输机的前进/后退、运行/刹车控制, 为了实现远程遥控控制, 必须对现有机械式推杆进行电气化改造。系统采用电动直线推杆代替人力操控, 通过 PLC 搭建驾驶控制系统, 利用工业遥控实现远程控制。自走式单轨运输机示意图如图 1 所示。

系统由 CPU 模块、模拟量输入模块、操控面板、遥控、遥控接收机、限位开关、继电器电路、电动直线推杆、前进/后退机械推杆、运行/刹车机械推杆组成(图 2)。CPU 模块采用 LOGO! 逻辑模块, 主要作用是根据输入信号控制继电器电路动作, 从而改变电动直线推杆运动状态。操控面板是现地控制的操控设备, 带有 3 个按键, 分别表示前进、后退、刹车操作。遥控及遥控接收机采用 433MHz 的远距离遥控方案<sup>[8-9]</sup>。限位开关的作用是防止单轨运输机冲出轨道两端, 当运输机行驶到轨道两端时, 限位开关动作使运输机自动刹车<sup>[10]</sup>。继电器电路是每组采用 2 个继电器实现电动直线推杆内部直流电机的正反转, 从而驱动电动直线推杆伸缩运动。电动直线推杆是一种将电动机的旋转运动转变为推杆的直线往复运动的电力驱动装置, 其内部包含直流电机、电位计等单元, 继电器电路控制直流电机旋转方向, 从而控制电动直线推杆伸缩运动。同时, 电位计输出模拟电压信号, 并通过模拟量输入模块传递给 CPU 模块, CPU 在线监测推杆的位置, 从而获取机械推杆的档位。

## 2 硬件系统设计

**2.1 电动直线推杆选型与电路设计** 果农在推拉前进/后退机械推杆时, 推力为 100 N, 力臂为 350 mm, 电动直线推杆安装处的力臂为 40 mm, 根据力矩平衡原理, 可计算出控制前进/后退的电动直线推杆至少需要 875 N 的推力, 同理得

**基金项目** 武汉市农业科学院“四新”技术服务项目(CXJSFW202006-3)。  
**作者简介** 王琢(1988—), 男, 湖北武汉人, 工程师, 硕士, 从事农业信息化与智能控制研究。\*通信作者, 高级工程师, 博士, 从事农业智能装备研究。

**收稿日期** 2020-06-01

到控制运行/刹车的电动直线推杆至少需要 383 N 的推力。单轨运输机在山区丘陵地带作业,因此电动直线推杆的防护等级至少需要 IP66。根据运输机使用的频率,选择 25% 工作制的电动直线推杆。根据控制前进/后退和控制运行/刹车的电动推杆安装位置,行程分别为 50 和 100 mm。根据上述要求,选择的电动推杆型号分别为 LAM3-S4-50-ROE-DC24V-PS 和 LAM3-S2-100-ROE-DC24V-PS,最大运行速度分别为 8 和 17 mm/s。

图 3 为其中一路电动推杆的控制电路,M+和 M-是电动直线推杆内部直流电机的电源,通过改变其电源极性,可以控制电动推杆伸缩运动。当 KA1 线圈得电、KA2 线圈失电时,KA1 触点接通,KA2 常闭触点接通,M+和 M-连接到电源 24 V 和 GND,电动推杆伸出;当 KA1 线圈得电、KA2 线圈也得电时,KA1 触点接通,KA2 常开触点接通,M+和 M-连接到电源 GND 和 24 V,电动推杆缩回;当 KA1 线圈失电时,KA1

触点断开,M+和 M-与电源断开,电动推杆停止伸缩。



注:A.前进/后退机械推杆;B.运行/刹车机械推杆  
Note:A.Forward/backward mechanical putter;B.Running/brake mechanical putter

图 1 自走式单轨运输机示意  
Fig.1 Self-propelled monorail conveyor

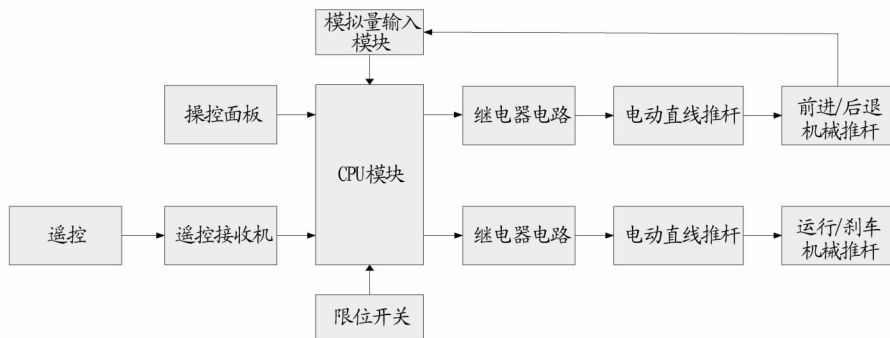


图 2 控制系统总体结构

Fig.2 Overall structure of the control system

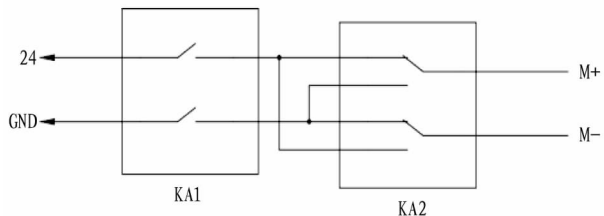


图 3 电动直线推杆控制电路

Fig.3 Control circuit of electric putter

**2.2 CPU 选型与电路设计** 考虑山区丘陵地带的环境比较恶劣,同时汽油机在运行时会造成单轨运输机整体出现振动的现象,因此系统选择稳定性更好的 PLC 作为控制单元。PLC 凭借优异的可靠性和完整的功能模块,通常应用在工业过程控制系统和运动控制系统中。LOGO! 是一款功能满足系统要求,且成本较低的智能逻辑控制器。系统选择的 LOGO! 12/24RECo 经济型 CPU 采用 24 V 直流电源供电,拥有 8 个数字量输入接口和 4 个继电器输出接口,继电器触点最大电流为 10 A。

CPU 模块及外围电路如图 4 所示,数字量输入通道 I1、I2、I3 与遥控器接收机的 D0、D1、D2 连接,分别代表前进、后退、刹车信号。数字量输入通道 I4、I5、I6 与操控面板的按钮 SB1、SB2、SB3 连接,分别代表前进、后退、刹车信号。输出继电器 Q1 和 Q2 负责前进/后退推杆控制,Q3 和 Q4 负责运行/

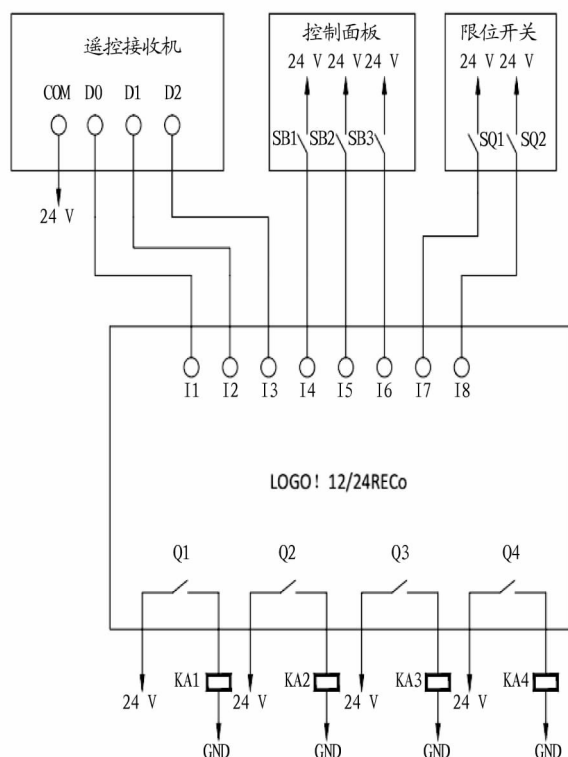


图 4 CPU 模块及外围电路

Fig.4 CPU module and its peripheral circuits

