

滴灌管生产线的视觉检测硬件控制系统

吕宁, 李莉

天津职业技术师范大学电子工程学院, 天津

收稿日期: 2022年10月14日; 录用日期: 2022年11月11日; 发布日期: 2022年11月18日

摘要

滴灌管生产线会在打孔部分使用视觉检测系统, 传统的视觉检测系统中硬件控制系统功能单一且不能有效地判断出打孔过程中使用的刀号。因此, 使用STM32进行自主设计硬件控制系统, 该系统不仅具备传统的传感器信号输入端口和工业相机控制端口, 还增加了高速输入端口和工业光源控制端口。这样设计不仅可以使费用控制在合理的范围内, 还可以通过硬件控制系统对多种信号进行采集分析, 来实现对打孔部分的刀号识别, 以便于分辨出异常打孔是由哪把刀造成的。这样视觉检测系统不仅具有传统的采集图像和对比图像, 还可以做到对滴灌管生产线打孔部分出现的问题进行分析, 自动判断打孔部分出现的问题。

关键词

视觉检测, 硬件控制系统, STM32, 刀号识别

Visual Inspection Hardware Control System of Drip Irrigation Pipe Production Line

Ning Lyu, Li Li

School of Electronic Engineering, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin

Received: Oct. 14th, 2022; accepted: Nov. 11th, 2022; published: Nov. 18th, 2022

Abstract

Drip irrigation pipe production line will use the visual inspection system in the drilling part, the traditional visual inspection system in the hardware control system has a single function and can not effectively judge the knife number used in the drilling process. Therefore, STM32 is used to independently design the hardware control system, which not only has the traditional sensor signal input port and the industrial camera control port, but also adds the high-speed input port and the industrial light source control port. This design not only can the cost control in a rea-

sonable range, but also can through the hardware control system to collect and analyze a variety of signals to achieve the knife number recognition of the punching part, in order to distinguish the abnormal punch is caused by what knife. This visual inspection system not only has the traditional acquisition images and contrast images, but also can do the drip irrigation pipe production line drilling part of the problem of the analysis, automatic judgment of drilling part of the problem.

Keywords

Visual Inspection, Hardware Control System, STM32, Knife Number Identification

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 序言

1.1. 背景

随着工业生产的发展, 工业生产线的生产效率越来越高, 工厂中对生产的商品进行传统人工检测已经出现影响生产效率的问题, 所以在高速环境下使用机器视觉技术是不可避免的, 比如可口可乐公司的生产线可以实现每分钟八百瓶, 该生产线中有检验环节, 该环节就是通过使用机器视觉对贴标和打码环节的检测。

又比如滴灌管生产线, 目前滴灌管生产线分为四个部分: 上料、加热、打孔、收卷。其中, 上料和加热部分在行业内都已经非常成熟了, 提升空间很小, 收卷需要人工, 因此, 这三个部分不需要使用机器视觉技术, 所以不讨论这三个部分, 而打孔属于整条生产线的核心部分, 打孔速度决定了整条生产线的生产速度, 打孔的好坏决定了生产出来的滴灌管的出水量, 因此, 这个部分既需要速度, 也需要对其打出来的孔进行检测[1]。目前, 滴灌管生产线可以做到每分钟生产三百四十米, 也属于高速环境, 因此, 需要使用机器视觉技术进行滴灌管的检测。

1.2. 现状

目前, 北方工厂搭建的滴灌管生产线中打孔系统分为五大部分: 光电传感器部分、旋转打孔刀、直流电动机、运动控制器、视觉检测系统[2]。

通过图 1 可以看出五部分的连接方式, 进而得到打孔系统的运行逻辑:

1) 首先, 直流电动机驱动皮带拉拽滴灌管平移运动, 使得滴灌管打孔位置经过光电传感器, 光电传感器向运动控制器和视觉检测系统分别发送触发信号;

2) 然后, 运动控制器接收到触发信号后, 安排第几个旋转打孔刀进行打孔, 再设置出打孔位置运动到旋转打孔刀的脉冲数;

3) 运动控制器开始记录直流电机的编码器输出的脉冲数, 当记录数量达到预设量时, 控制旋转打孔刀进行打孔;

4) 视觉检测系统接收到触发信号后, 通过定时来保证打孔出到达相机下方被视觉检测系统记录下来, 并通过视觉检测系统的显示器进行显示, 显示过程中, 通过软件算法进行检测打孔是否异常。

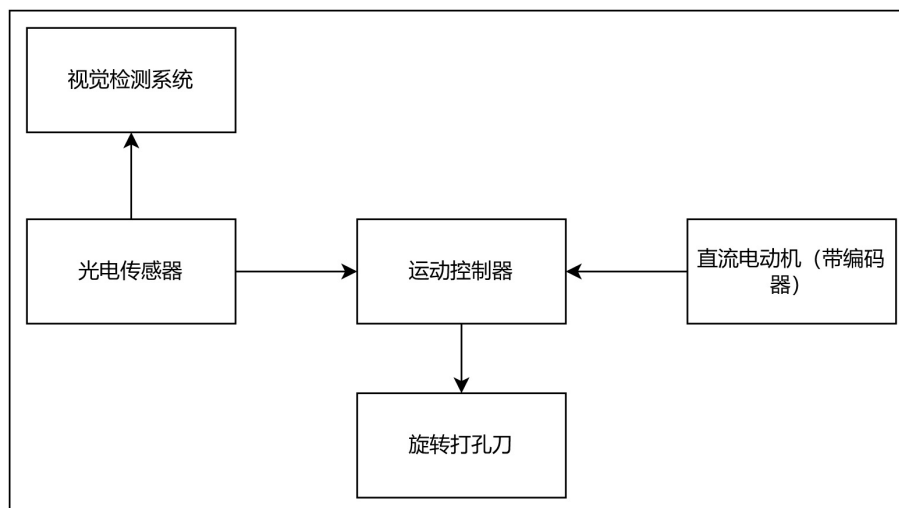


Figure 1. Block diagram of the punching system
图 1. 打孔系统框图

视觉检测系统属于寄生于打孔系统的独立系统, 所以视觉检测系统的组建不会受生产线的结构影响, 但是视觉检测系统如何构建, 五个核心部分是必不可少的, 分别为工业控制计算机、硬件控制系统、工业相机、工业光源和光源控制器。

图 2 为滴灌管生产线上传统的视觉检测系统连接框图, 其运行逻辑为: 首先, 视觉检测系统接收到光电传感器发送过来的触发信号, 然后, 工业控制计算机通过触发信号做定时处理, 定时完成后, 向硬件控制系统发送拍照命令, 硬件控制系统得到命令后, 控制工业相机拍照, 工业相机将拍完的照片通过发送到工业控制计算机, 工业控制计算机通过软件算法对图片进行分析, 来判断打孔是否合格, 是否出现打歪, 或者是否出现没有打上孔的现象。

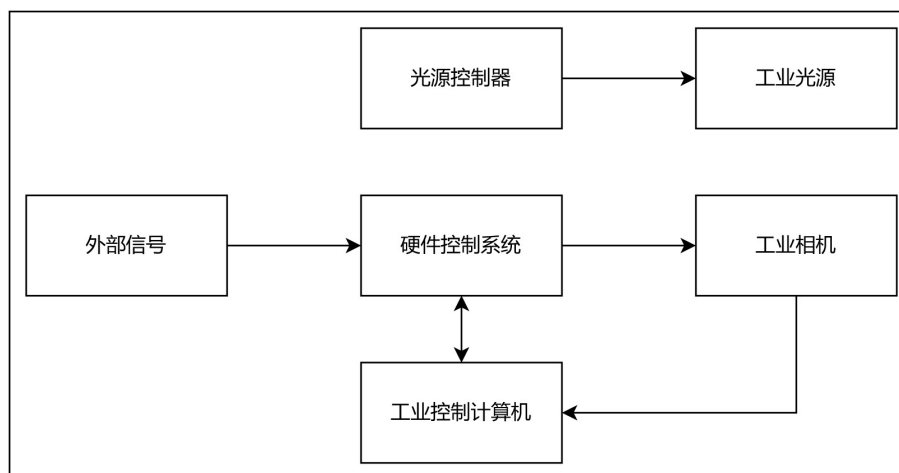


Figure 2. Block diagram of traditional visual inspection system
图 2. 传统视觉检测系统框图

1.3. 问题

由于打孔系统使用的是旋转打孔刀, 所以一把打孔刀旋转速度是有运动极限的, 因此, 该系统中会使用多个打孔刀。目前, 常见的是使用四把打孔刀, 这样可以将生产速度提升到每分钟三百四十米, 甚

至能提升到每分钟四百米, 然而以这么高的速度使用传统视觉检测系统会出现两个问题。

第一个问题是生产线上有四把刀, 而且四把刀是顺序使用, 因此, 需要使用四个窗口显示四把刀, 由于传统视觉检测系统对接收信号要求过于单一, 不能有效地判断目前拍照的图片是哪把刀打的孔, 所以只能四个窗口顺序摆放, 但需要工人自行判断当前窗口的图片是哪把刀, 这样在设备调试过程中, 不仅没有方便工人, 还拔高了生产线工人的门槛。

第二个问题是为了识别旋转打孔刀的运动信号, 就需要对所有信号的时序进行分析, 防止出现同时产生信号或者产生乱序信号。

2. 方案设计

2.1. 硬件控制系统核心

出现这些问题的根本原因在于视觉检测系统中硬件控制板的功能过于单一, 使得硬件控制板在面对多种信号的环境下, 不能做到有效的处理, 因此, 新的硬件控制板需要多个输入输出口。为了保证硬件控制系统可以对输入信号和输出信号做到及时处理, 使得这些操作在硬件控制板上完成, 因此, 硬件控制板中需要具备独立的 MCU。

在工业环境下, 兼具高性能和多功能的 MCU 有很多, 但还要具备低成本和开发难度低这两方面的 MCU 不多, 其中, STM32 系列就是不错的选择。

2.2. 通信选择

由于硬件控制系统选择使用 STM32 为核心进行搭建, 使得硬件控制系统和工业控制计算机之间通讯方式的选择多样。由于是工业环境下使用, 从低时延和稳定性的角度讨论的话, 有两个不错的通讯接口, 分别为 RJ45 接口和 RS-232 接口。

使用 RJ45 接口, 可以使用 TCP/IP 协议或者 UDP 协议, 这两个协议不论是通讯的时延和稳定性都满足要求, 可是工业相机使用的 GigE Vision 协议也是基于网口的, 因此, 如果使用了网口通信就得加一个工业交换机, 或者使用双网卡的工业控制计算机。

相比较之下, RS-232 接口不仅满足了性能要求, 而且还不需要添加工业交换机, 也不需要必须使用具备多网卡的工业控制计算机。

2.3. 硬件控制系统功能

为了方便硬件控制系统中控制板的设计与绘制, 首要工作就是确立好硬件控制板具体具备的功能和执行的任务。

首先, 硬件控制系统需要有效的控制相机拍照, 因此, 保证硬件控制板具备有效且稳定的输出 IO 口; 其次, 硬件控制系统还要接收过多的输入信号, 使得硬件控制板的输入 IO 口足够多, 且对速度有一定的要求; 然后是工业环境下硬件系统的电源电压一般都是 DC24V, 使得硬件控制系统中电源部分要进行合理的分配; 最后是通信部分, 已经确定使用 RS-232 接口。

3. 硬件控制板的电路设计

3.1. 核心部分设计

3.1.1. 核心芯片

虽然核心芯片选择了 STM32, 但是 STM32 所包含的型号种类过多, 从目前来看, 有三种型号可以选择, 分别是 STM32F103VCT6、STM32F407VET6 和 STM32F707VGT6。这三款芯片总线上的资源用来

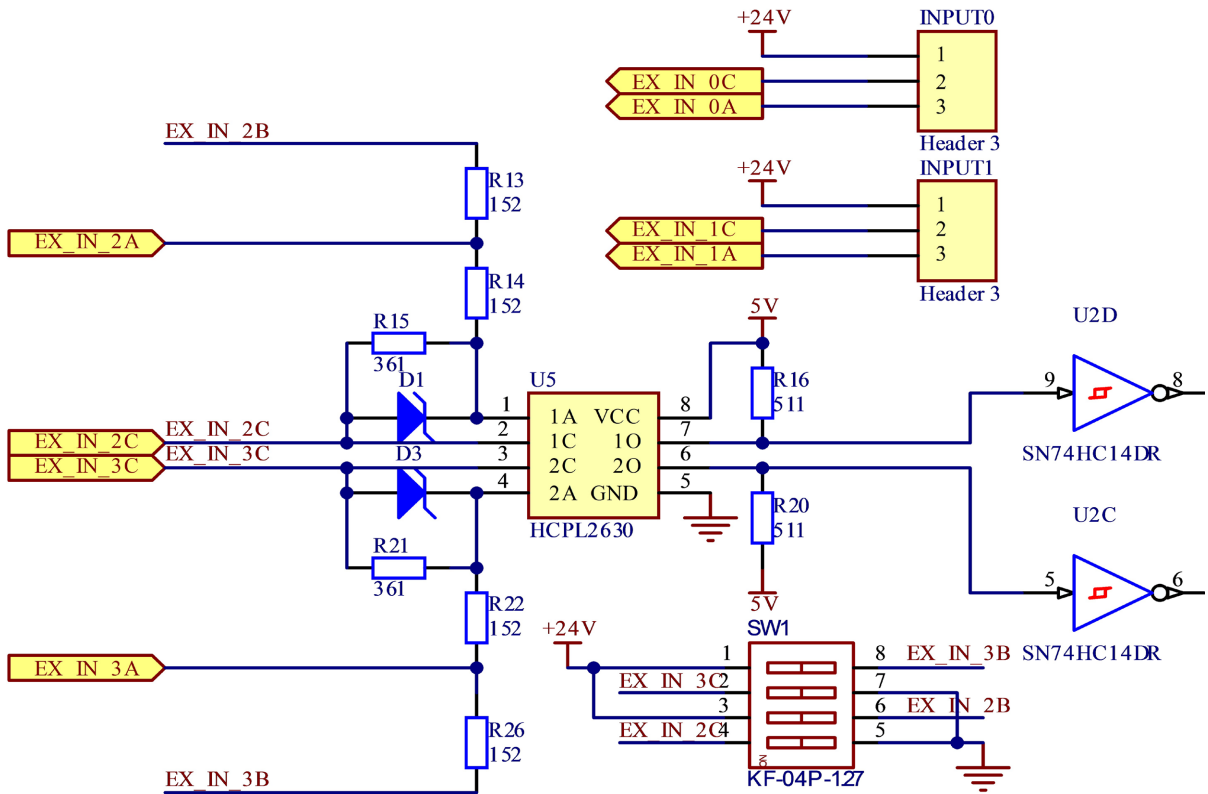


Figure 4. Input part of HCPL2630 and 74HC14
图 4. HCPL2630 与 74HC14 组成的输入部分

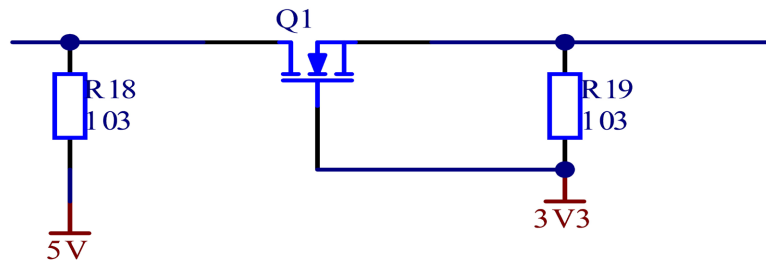


Figure 5. Voltage conversion circuit
图 5. 电压转换电路

3.3. 输出部分设计

输出端口电路设计

输出部分主要是控制工业相机的供电和拍照控制, 虽然工业相机的拍照控制使三点三伏到二十四伏, 但是工业相机的供电需要十二伏, 因此, 为了设计方便都使用十二伏最为合适。由于 STM32 芯片只能输出三点三伏的电压, 因此, 需要一个电压转换电路。整个系统对输出信号的速率没有过多的要求, 因此, 使用普通的 EL357N 光耦就可以应对系统对于输出的要求。工业相机供电与控制电路图如图 6 所示。

硬件控制板只是控制工业相机显得输出部分过于单调, 可以将工业光源也通过硬件控制板控制, 这样可以节省到工业光源的光源控制器。由于工业光源的功率很大, 使得工业相机的控制电路并不能给其使用, 因此, 需要设计一个驱动能力强的控制电路。MOS 管组成的开关电路就具有很不错的驱动能力, 因此, 使用 MOS 管搭建一个工业光源的控制电路, 如图 7 所示。

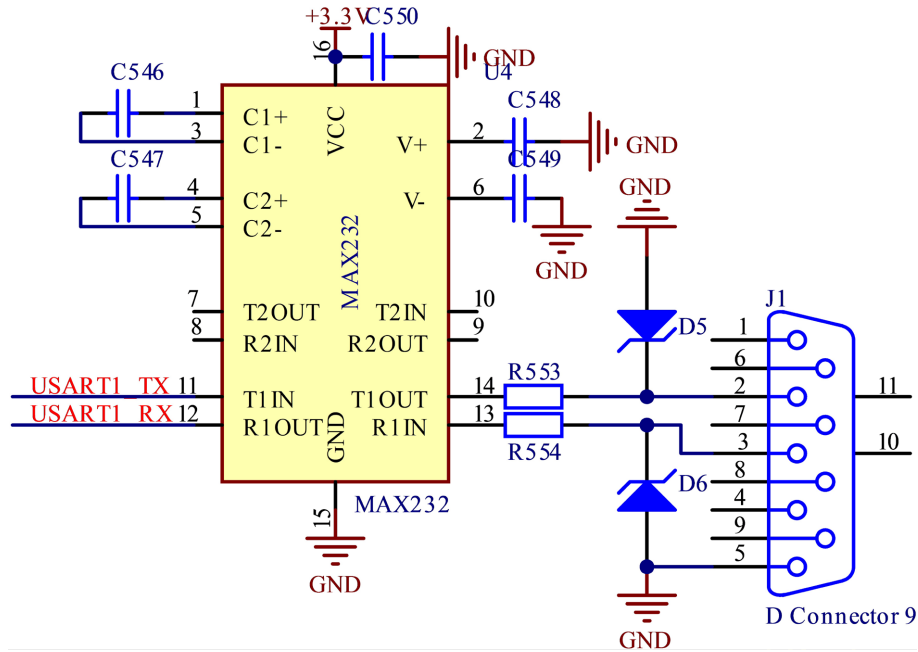


Figure 8. Communication circuit of RS-232 interface
图 8. RS-232 接口通信电路

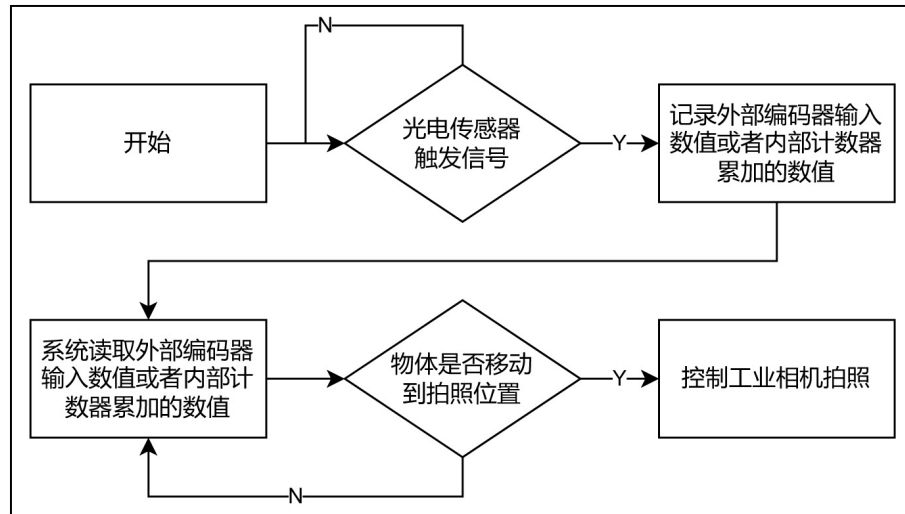


Figure 9. System main flow diagram
图 9. 系统主流程图

值 b ，这样可以入队的信号是独一无二的，更加保证了打孔位置到达工业相机位置时能被准确拍照；最后在在保证光电传感器与工业相机距离 x 不变的情况下，让程序主流程频繁读取外部编码器输入的数值 c 或者内部计数器累加的数值 d ，当读取到数值满足 $(c \geq a + x)$ 或者 $(d \geq b + x)$ 时，硬件控制板控制工业相机拍照[6]。这样硬件控制板就可以完美地代替旧的硬件控制系统。

4.2. 刀号的识别

旋转打孔刀是通过运动控制器控制的，当滴灌管的打孔处经过光电传感器时，运动控制器根据整体打孔刀的运动状态顺序安排一把刀为其打孔，因此，当前经过传感器的打孔处用什么刀打孔只有运动控

制器知道, 所以理论上运动控制器可以做到在给打孔刀信号的同时, 可以让其他端口输出信号, 硬件控制板通过读取对应端口的信号就可以知道当前运动的是哪刀了。

由于运动控制器发送的刀信号是在当前打孔位置从光电传感器运动到工业相机之间的任意时间节点, 因此, 这个刀信号的出现时间具有随机性。为了保证可以有效的处理刀信号, 对刀信号和光电传感器信号进行了采集, 如图 10 所示。

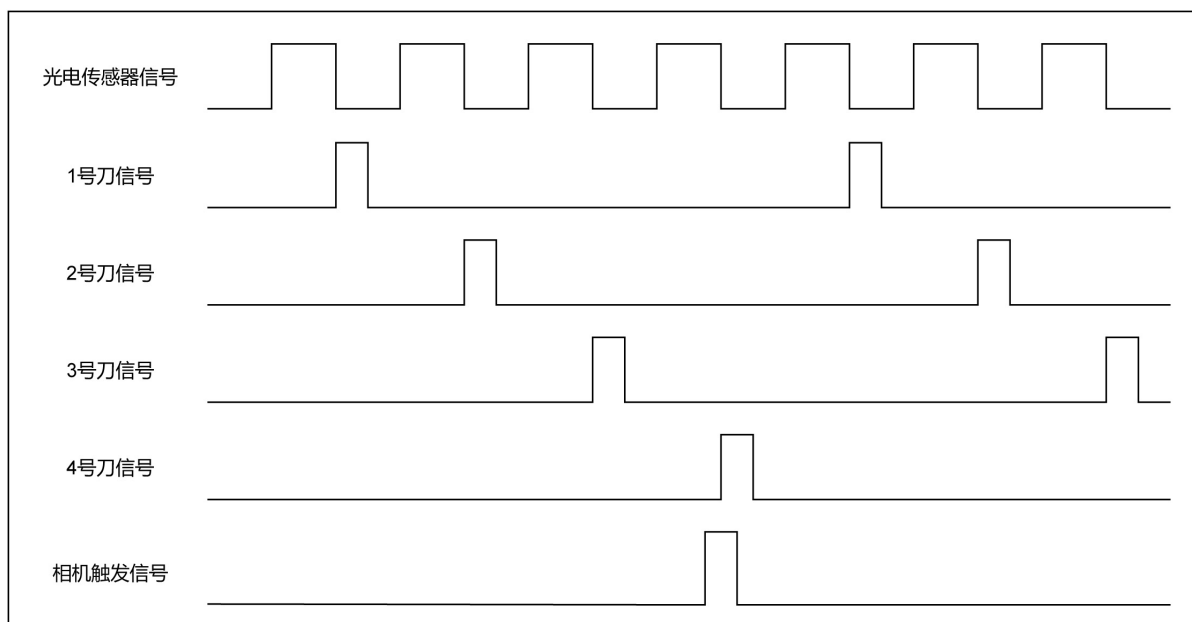


Figure 10. Collected knife signal, sensor signal and camera photo signal

图 10. 采集的刀信号、传感器信号和相机拍照信号

通过图 10 可以看出, 从第一个传感器信号出现到第一个相机拍照信号的产生期间会出现多个传感器触发信号和多个刀运动信号, 因此, 这些信号需要进行整理分类, 通过图片可以看出, 所有输入的信号都是有序的, 因此, 通过队列将传感器触发信号和刀运动信号规整到一起生成一个独立 ID 号, 将这个 ID 号发送给工业计算机, 让其赋给相应的图片。

通过图片中的时序可以发现, 在系统执行信号输出过程中会出现刀号的进入, 如果只是通过扫描的方式检测输入信号会出现丢信号的现象, 因此, 不管是传感器触发信号还是刀运动信号都需要使用 STM32 的外部中断端口输入, 这样不仅可以保证信号不丢失, 还可以快速地对输入的信号做出及时的处理。

此时, STM32 通过不同的外部中断触发来识别出判断出即将拍照的孔是经过那把刀打出的, 这样硬件控制板就可以通过 RS-232 接口将滴灌管打孔位置对应的独特 ID 号发送给工业控制计算机, 使得工业控制计算机从工业相机获取的图片拥有了独立的信息。

5. 成果

将编写好的程序下载到硬件控制板中, 使用新的硬件控制板搭建机器视觉检测系统, 将新搭建的机器视觉检测系统安装到滴灌管生产线上进行实际测试。测得实际结果符合理论判断, 如图 11 所示, 窗口可以很自然地将四个刀打的孔显示出来。

通过图 11 可以清晰地看出, 打出的孔对应哪把刀, 因此, 通过算法可以对所打的孔进行评判是否合格, 如果不合格, 可以直接提示几号刀打孔出现问题。在滴灌管生产线操作人员看到提示后, 可以直接

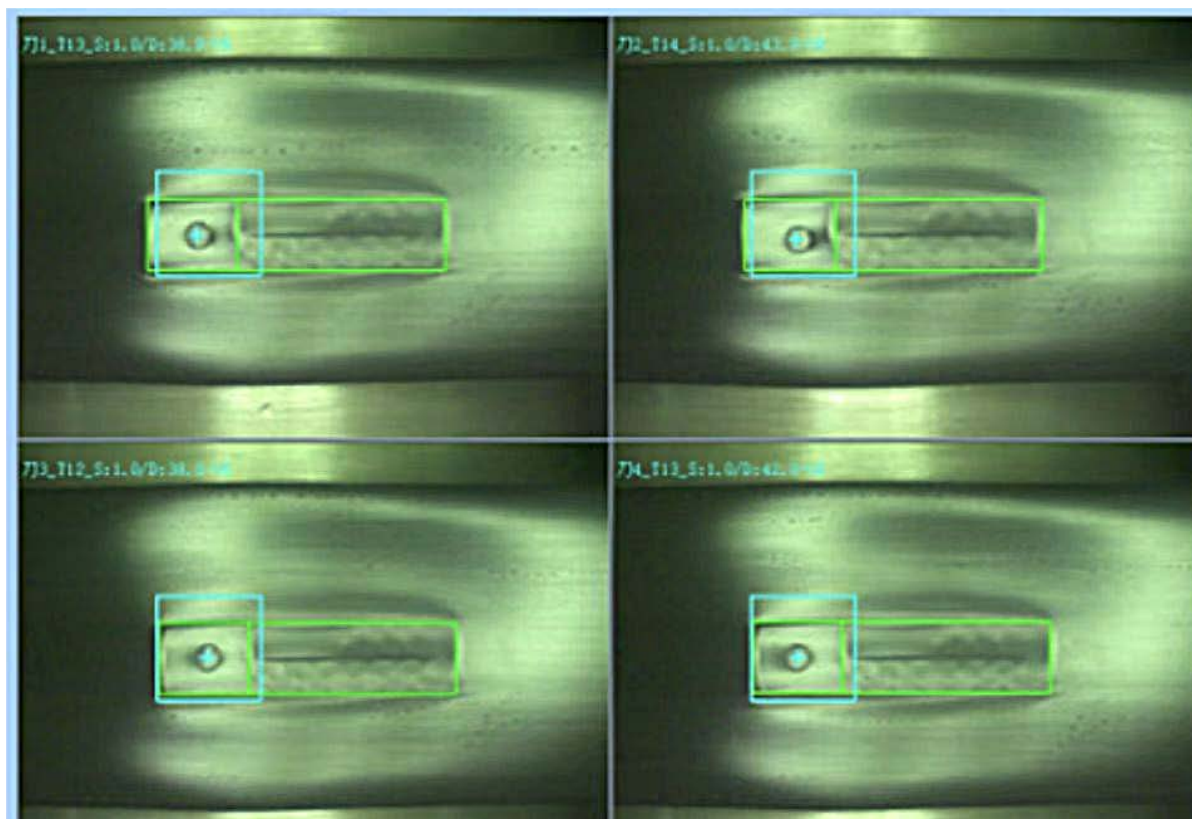


Figure 11. Punching display with knife number

图 11. 带刀号打孔显示

让出问题的刀停止工作，然后更换刀头，不需要停止整条生产线来进行检查。这样不仅提高滴灌管生产线的工作效率，还提升了滴灌管生产线应对问题时的灵活性。

6. 总结

初始目的是为了实现在打孔系统中视觉检测系统的刀号显示，在新的视觉检测系统硬件控制系统的设计过程中，将传统部分进行优化，使得硬件控制板使用过程中节省了光源控制器的使用，并且做到了通过使用一块硬件控制板完成检测系统的硬件控制，改掉了旧的系统需要工业控制计算机参与硬件控制，让视觉检测系统中的各个部分的功能更加集中。最终新的机器视觉检测系统实现了结构简单、模块化分布、刀号识别等功能。

在视觉检测系统硬件功能丰富的情况下，软件算法可以实现更多的判断，使得视觉检测结果更加精准有用，不仅提升视觉检测设备自身的价值，还通过提升滴灌管生产线的效率，从而提升了滴灌管生产线的价值。

参考文献

- [1] 胡永明. 内镶式迷宫滴灌管生产线[Z]. 杭州宝丽泰塑胶机械有限公司, 2011-06-01.
- [2] 李成秀. SJ60/38 型高速内镶片式滴灌带生产线[Z]. 青岛新大成塑料机械有限公司, 2019-06-21.
- [3] 张沛涛, 郭颖, 齐航, 赵月腾, 高一铭, 李娜. 基于 STM32F407 的物流搬运车设计[J]. 国外电子测量技术, 2019, 38(4): 144-148. <https://doi.org/10.19652/j.cnki.femt.1801019>
- [4] 周金钢, 彭东林, 郑方燕, 郑永, 王淑娴. 基于 STM32F4 的时栅位移传感器信号处理系统设计[J]. 计算机测量

与控制, 2015, 23(1): 221-223. <https://doi.org/10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2015.01.042>

- [5] 魏艳红, 许昌, 王桂荣. 基于 FX 系列 PLC 的计算机串口通信和编程口通信[J]. 电气时代, 2013(6): 91-93.
- [6] 李晓辉. 面向计算机随机信号的控制组合数学模型算法分析[J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50(9): 124-126.