基于机器视觉的装封箱机牌号检测校对系统设计与应用

文/丁　橹　刘　俊　郑淮棱
广东中烟广州卷烟厂

YP18D装封箱机支持多牌号同时装箱，一定程度上存在错装的可能性。针对各种不同原因导致的条烟牌号与箱坯牌号不一致的情况，利用计算机技术及视觉扫码技术，提出了一种更优的牌号校对的设计方案，实现YP18D装箱过程中条烟牌号与箱坯牌号的比对，若条、箱间牌号不一致，则发出报警信号并向封箱机控制系统发送停机信号。

YP18D装封箱机是一款国产新型的柔性化细支条盒烟装箱生产设备，与传统的装封箱机只能同时对一种牌号的条烟进行装箱不同，YP18D装封箱机最多可以同时对三种不同牌号的条烟分别装箱，设备通过六轴机器人自动抓取不同牌号的箱坯，通过直角坐标机器人对烟跺进行移载，由入箱推板完成烟垛装箱操作。该设备可对接6台条盒包装机，实现每台条盒包装机生产的条烟单独堆垛装箱，为多品规小批量生产、条烟质量追溯提供了更优的解决方案，目前在国内卷烟企业广泛应用。在实际生产过程中，虽然原机针对YP18D装封箱机多牌号同时封装的工作特点配置了通过对条盒商标和箱坯特定位置的图案检测实现条烟与箱坯牌号校对功能，但对图案近似的牌号或人工排障故障后，该检测系统存在误判现象。为此，研制一种基于机器视觉技术的新型条烟与箱坯牌号校对系统，以期提高检测精度，提升卷烟产品质量。

问题分析

根据卷烟质量指标要求，箱内错装是A类严重质量缺陷。YP18D装封箱机在生产过程中是多牌号同时封装，防止出现条烟牌号与箱坯牌号不一致的质量缺陷尤为重要。原机在箱坯库抓取机械手位置和烟跺入箱前分别安装工业相机，采集烟垛顶层图案及箱坯表面图案，通过与图案模板匹配的方式实现烟剁与箱坯牌号校验功能。但是在实际生产过程中，会出现因同系列产品图案近似难以提高图像特征提取的准确性，从而导致误判的现象。另外，外界光源影响检测精度，机械手错抓箱坯，人工处理故障后烟垛入箱过程中没有再校验等问题，仍然存在烟条与箱坯牌号不一致的质量隐患。

系统设计

为了提高牌号校对系统的准确性，同时区别于主机配置的校对系统，需要采取不同的检测方式确认烟垛及箱坯的牌号。通过对条盒商标纸和箱坯印刷图案的研究发现，两者均印有产品条形码，条形码具有唯一性，且条形码与牌号是一一对应的关系，结合目前成熟的条形码检测技术，通过读取烟条及箱坯上的条形码获取烟垛及箱坯牌号信息，从而实现品牌校对功能，是一种稳定可靠的技术方案。

1. 总体架构

YP18D装封箱机牌号校对系统由工控机、触摸屏、条形码阅读器、可编程序逻辑控制器（PLC）、接近开关、指示灯和蜂鸣器等部分组成，其核心是在线读取条烟和箱坯条形码、数据比对和故障输出控制，系统架构如图1所示。PLC通

过TCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol，传输控制协议/网际协议）连接方式接入工控机系统，工控机系统通过TCP/IP方式向条形码阅读器发送连续读码指令，条形码阅读器识别到条码后自动分析解码，并将解码后的数据及图片通过TCP/IP方式接入工控机系统；工控机系统对条码阅读系统发送过来的数据进行处理，向PLC发送检测结果异常指令；工控机系统同时将图片、条码数据、日志记录等信息保存在硬盘中。

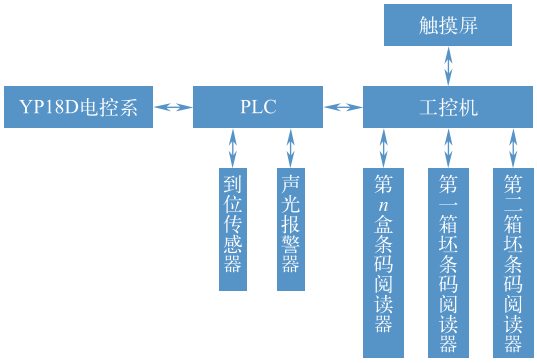

图1　系统架构图

1.1　条形码数据采集

（1）条码阅读器定位

根据设备的装箱工艺流程，烟垛顶层条盒的条形码在入箱过程中会在扩口张开位置完全显露出来，该工位具备读取条盒条形码的条件，条码阅读器可安装位置的检测距离在150～300 mm之间，检测范围为50 mm×25 mm。在烟垛入箱过程中箱坯处于静止展开的状态，箱坯条形码在箱坯侧面显露出来，该工位具备读取箱坯条形码的条件，考虑到不同牌号条形码可能印刷在箱坯的不同侧面，因此需安装两台条码阅读器，两边的检测距离在1 000～1 500 mm之间，检测范围290 mm×278 mm，安装位置如图2所示。通过在烟垛入箱时读取烟垛及箱坯条形码进行校对，最终判定两者是否一致，可以避免检测后中间环节故障引起的误判，判定结果可信度高。

（2）条码阅读器选型

当前在工业应用上的读码方式主要有激光扫码及视觉读码；激光扫码是根据光照射在不同颜色的物体上反射的光线强弱，判断条形码的黑白区，通过反射弱光的时间计算黑条的宽窄，这样就将图形信号转换为电信号进行解码，解码后再转换成数字信号输出，实现条形码的阅读；视觉读码是通过视觉成像方式采集条形码图片，通过计算条形码的像素面积将图片信息转化为数字信息进行条形码阅读；激光扫码读取的是条形码上的一个点，视觉读码识别的是整个图片，因此视觉读码的纠错能力优于激光扫码，同时视觉读码识别的图像可以保存在本地硬盘中，结合产品质量管理数据追溯的需求，决定选用视觉读码的方式对烟垛及箱坯条形码等读取。

综合考虑现场的安装位置、视觉范围、安装物距和读取精度等方面，基恩士SR-2000视觉条码阅读器参数可以同时满足烟垛条形码及箱坯条形码的识别，可以保持系统的统一性。

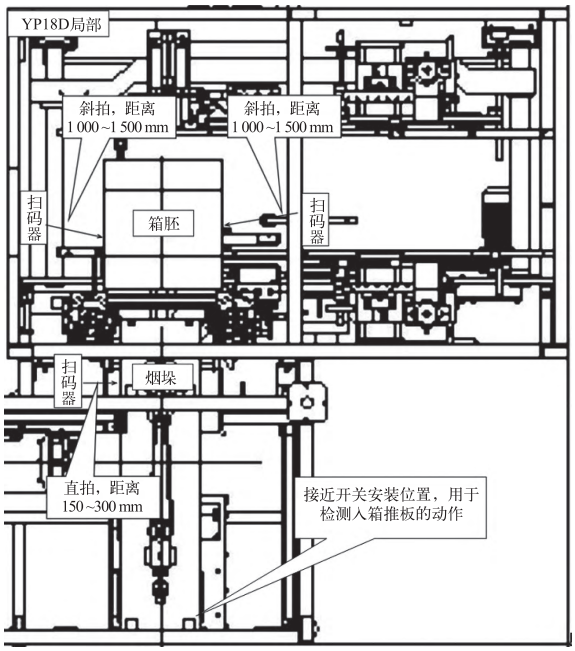

图2　条码阅读器拟安装位置关系图

其中，烟垛条码阅读器安装距离为270 mm，视野范围为88mm×66mm，箱坯条码阅读器安装距离为1 200 mm，视野范围为395 mm×296 mm，均能满足现场安装要求，如图3所示。

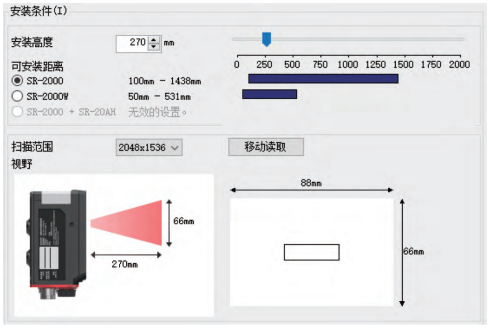

图3　SR-2000条码阅读器检测视野范围

（3）条形码读取

YP18D进行烟垛入箱操作时，接近开关状态变化，PLC将信号状态发给工控机，工控机向三个条码阅读器发送读码指令，条码阅读器根据设定的阅读参数进行解码，包括条码类型、曝光时间、增益、对比度调整方式和解码超时等，如图4所示。针对烟箱条码和条盒条码的样式及条码阅读器安装位置不同，条码阅读器的参数设置也不同，主要体现在相机的曝光时间及增益参数的设置。

设置项目		库1
通用	交替	启用
	库内重试次数	0
	解码超时值(x10ms)	11
	区域编号	0
	黑白反转	禁用
	镜像反转	自动
	条码方向（1D）	不限制
	标准倾角	0
	倾角范围	180
条码	条码详细信息设置	UPC/EAN/JAN
	输出长度限制	禁用
	限制位数输出的方向	正向
	限制位数输出的有效位数	7089
	限制长度输入的开始数位	1
	ECI输出	禁用
照明	使用内部照明	启用
	使用外部照明	禁用
	偏光滤光镜	启用
照相机	曝光时间(μs)	853
	增益	20
	对比度调整方式	HDR
	详细信息	CUSTOM
图像处理滤光镜	最初图像处理滤光镜	禁用
	最初图像处理滤光镜使用次数	1
	2号图像处理滤光镜	禁用
	2号图像处理滤光镜使用次数	1
	3号图像处理滤光镜	禁用
	3号图像处理滤光镜使用次数	1
	4号图像处理滤光镜	禁用
	4号图像处理滤光镜使用次数	1

设置项目		库1
通用	交替	启用
	库内重试次数	0
	解码超时值(x10ms)	50
	区域编号	0
	黑白反转	禁用
	镜像反转	自动
	条码方向（1D）	不限制
	标准倾角	0
	倾角范围	180
条码	条码详细信息设置	UPC/EAN/JAN
	输出长度限制	禁用
	限制位数输出的方向	正向
	限制位数输出的有效位数	7089
	限制长度输入的开始数位	1
	ECI输出	禁用
照明	使用内部照明	启用
	使用外部照明	禁用
	偏光滤光镜	启用
照相机	曝光时间(μs)	5000
	增益	30
	对比度调整方式	HDR
	详细信息	CUSTOM
图像处理滤光镜	最初图像处理滤光镜	禁用
	最初图像处理滤光镜使用次数	1
	2号图像处理滤光镜	禁用
	2号图像处理滤光镜使用次数	1
	3号图像处理滤光镜	禁用
	3号图像处理滤光镜使用次数	1
	4号图像处理滤光镜	禁用
	4号图像处理滤光镜使用次数	1

图4　SR–2000条码阅读器检测参数

烟垛条码读取：在条烟堆垛从模盒推入箱坯的过程中，条盒视觉读码检测持续拍照读码，直至读取到条烟侧面的牌号条形码信息，或者到达设定的读码持续时间时一直没有读到码则停止读码，再将读码结果（读取成功时发送条码信息，读取失败时发送NoRead）及最后一次拍照的图片发送给上位机软件进行处理。

箱坯条码读取：在箱坯展开成型后，条烟堆垛从模盒推入箱坯的过程中，箱坯视觉扫码检测（两个）持续拍照读码，直至读取到箱坯侧面的牌号条形码信息，或者到达设定的读码持续时间时一直没有读到码则停止读码，再将读码结果（读取成功时发送条码信息，读取失败时发送NoRead）及最后一次拍照的图片发送给上位机软件进行处理，上位机软件通过分析两个读码器发送的数据判断哪个读码器读取到正确条码。

（4）数据传输

条码阅读器与工控机系统之间条码数据传输通过TCP进行连接（工控机网卡与扫码器IP地址设置为同一网段内，通信端口号可以进行约定），其中工控机系统作为TCP服务端，条码阅读器作为TCP客户端，条码阅读器主动与工控机系统进行连接；数据发送格式为：<时间>：<读取数据>：<图像文件名>。

条码阅读器拍照的图片通过FTP传输至工控机，其中工控机系统建立FTP服务器，指定每个条码阅读器图片存放文件夹。

1.2　信号控制

信号逻辑控制通过西门子S7-200 SMART来执行，包括系统初始化、启动参数设置、烟箱位置触发信号判断、向上位机发送扫码信号及接收上位机判定结果信息、声光报警信息和停机信息，程序流程如图5所示。YP18D进行烟垛入箱操作时，PLC接收烟箱位置检测接近开关的触发信号，PLC将信号状态发给工控机，接收工控机发出的检测结果指令，出现检测结果异常指令时，PLC向YP18D控制系统发出停机信号，同时发出声光报警信号。

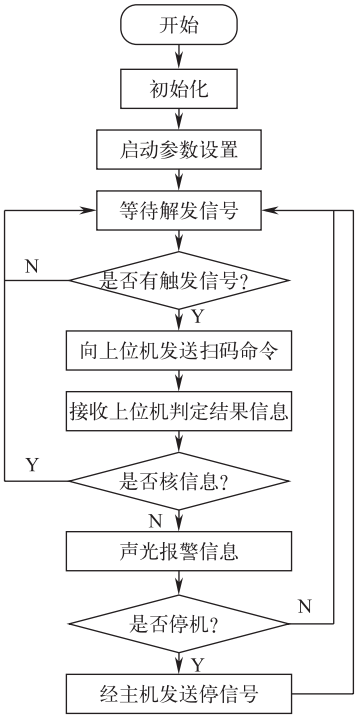

图5　PLC控制程序流程

2. 软件设计

软件设计在Window 7操作系统中进行，软件开发环境NI LabVIEW 2015 SP1，运用LabVIEW 2015 SP1 /G语言编写源程序，工控机软件控制流程如图6所示。当工控机接收烟箱位置触发信号，向三个条码阅读器发送读码指令，条码阅读器接收读码命令后进行拍照识别，并将条形码数据及图像回发给检测软件，统一由工控机系统软件进行处理分析，区分条烟条码及箱坯条码，并检索数据库中条烟条码及箱坯条码是否对应于同一牌号，出现牌号校对不符时，工控机系统向PLC发送检测结果异常指令。

2.1　数据处理

（1）数据采集

条码阅读器在触发读取后，将读取到的条码信息或者未读到信息(NoRead)发送给工控机系统，工控机系统的TCP服务器接收到数据后，根据不同的IP地址，将数据存放到对应的信息变量中，如KEY1、KEY2、KEY3。

（2）数据分析

条码阅读器数据变量KEY1、KEY2、KEY3都存放数据后(通过检测数据长度不为0来判定)，开始对数据进行分析。

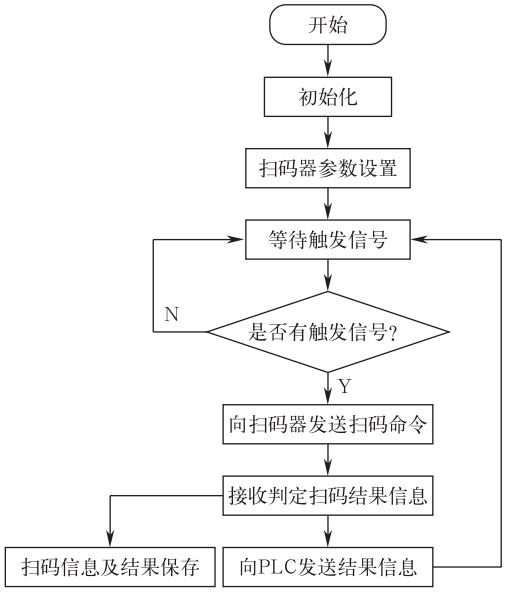

图6　工控机软件控制流程

1）条烟牌号名称或箱坯牌号名称为未定义牌号，输出判定结果NG。

2）条烟牌号名称与箱坯牌号名称都不为未定义牌号，且条烟牌号名称≠箱坯牌号名称，烟条与箱坯不匹配，输出判定结果NG。

3）条烟牌号名称与箱坯牌号名称都不为未定义牌号，且条烟牌号名称=箱坯牌号名称，烟条与箱坯匹配，输出判定结果OK。

（3）信号输出

根据数据比对结果（OK或NG），按协议向PLC发送判定结果信号：OK发送(2F/2A/F0/01/00/2A/2F)，NG发送（2F/2A/F0/01/01/2A/2F）；PLC接收到数据后解析，如第5位数据为0，则不报警，如第5位数据为1，则控制红色指示灯亮，控制声音报警器发声，如此时停机功能打开，则同时向YP18D发送停机信号。

（4）数据存储与统计

1）条码数据存储。将当前三个条码阅读器数据KEY1、KEY2、KEY3对应图像文件名、日期、时间及计数序号写入数据库中。

2）图像存储。将当前三个条码阅读器通过FTP保存的图像复制到指定的文件夹中进行保存。

3）数据统计。根据判定结果分别统计OK数、NG数及检测总数，并写入到数据库中。

2.2　人机界面

YP18D装封箱机牌号校对检测系统人机界面主

要包括条码检测状态实时显示、系统设置、触发扫码、运行记录和生产记录等功能。通过人机界面实现了检测过程可视化图像功能，可实时动态显示在检烟箱、条盒条形码图片如图7所示。运行记录界面主要记录了条码阅读器、PLC硬件连接情况，以及人工对人机界面的操作情况。生产记录界面可查询每箱烟的条盒、烟箱的条码数据和图片，为实现产品质量追溯，提高质量管理水平提供了条件。

图7　软件运行界面

应用效果

1. 实验设计

材料：“双喜（花悦）”牌细支烟、“双喜（春天）”牌细支烟、同牌号箱坯。

设备：YP18D装封箱机。

方法：将设备额定运行速度调至8箱/min，正常生产过程中人工设置条烟无条形码、条烟条形码错误、箱坯牌号错和箱坯无条形码等情况，测试数量为每种质量缺陷每天各3次，测试时间为3天，统计系统对质量缺陷烟箱的检测准确率，同时观察设备报警和停机状态是否正常。

牌号校对检测系统对质量缺陷烟箱检测准确，且均能正常报警并停机，设备无异常情况，验证通过。

2. 数据分析

由表1可见，通过在YP18D装封箱机上安装条形码检测牌号校对系统，对箱内错装质量缺陷的检测准确率为100%，为产品质量提供了保障。现场观察发现，当出现条烟和箱坯牌号不一致时，系统立即发出停机信号，YP18D停止运行，同时蜂鸣器发出声光报警，监控界面显示提示信息并记录相关数据，操作人员对错装烟箱进行处理。

表1　牌号校对系统烟箱错装质量缺陷检测数量统计

牌号	统计时间	质量缺陷检测数量			
		条烟无条形码	条烟牌号错	箱坯无条形码	箱坯牌号错
双喜（花悦）	第1天	3	3	3	3
	第2天	3	3	3	3
	第3天	3	3	3	3
双喜（春天）	第1天	3	3	3	3
	第2天	3	3	3	3
	第3天	3	3	3	3

结束语

基于YP18D装封箱机设计了一种烟箱内错装条烟的牌号校对系统，通过条码阅读器读取条烟和箱坯的条形码，利用计算机技术完成条形码数据比对，实现条烟和箱坯牌号的校对功能。以广州卷烟厂双喜（花悦）和双喜（春天）为对象进行测试，结果表明：条形码牌号校对系统3天的测试能够将错装烟箱全部检出，检测准确率为100%，有效克服烟箱错装的质量缺陷，提升了产品质量。

该检测系统具备调试直观、检测稳定性高、安装周期短和维护方便等特点，实现烟垛和箱坯条形码的识别和比对，牌号的添加、删除、修改，数据的存储与统计，图片的存储与回调，故障的报警等功能，能够有效保证生产过程中对混装箱坯的辨别率，提高了生产效率，降低了人工维护成本，使得该检测装置在YP18D装封箱机上得到完美应用。EA

参考文献

[1] 邹宇．图像处理技术在条形码识别中的应用研究[J]．信息与电脑(理论版)，2022，34(03)：147-149.

[2] 王颢．基于图像处理的条形码定位与识别技术研究[J]．科技视界，2020，No．329(35)：59-60.

[3] 李艳斌，李光，周耀东．对于多位置条烟条形码统一检测的应用研究[J]．电子测试，2021(22)：121-122.

[4] 武睿．虚拟仪器软件Labview和数据采集[J]．现代经济信息，2017(13)：330-331.

[5] 沈建忠，孙雷．基于图像识别的变电站核相验电操作机械臂研究[J]．电气应用，2021，40(8)：48-55.