

doi: 10.7690/bgzdh.2016.02.022

# 一种粒状发射药的自动包装控制技术

孔 淼, 彭 旭, 岳 显

(中国兵器工业第五八研究所弹药自动装药技术研究应用中心, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对国内现有粒状发射药手动包装现场人员众多、安全隐患大、包装产品质量无法追溯控制的问题, 研究一种粒状发射药自动包装的控制技术。项目利用箱体 ID 可靠识别技术、防溢料装药技术、分页机重页检测技术、包装质量综合信息管理和质量追溯回控技术等实现了粒状发射药的自动称量包装。该技术目前已用于国内某发射药自动包装生产线上。应用结果表明: 该技术实现了危险区域的人机隔离和安全生产, 能对包装质量形成追溯与回控。

**关键词:** 箱号编码; 综合信息管理; 发射药自动包装

**中图分类号:** TJ450.5 **文献标志码:** A

## Automatic Packaging Control Technology for a Granular Propellant

Kong Miao, Peng Xu, Yue Xian

(Research & Application Center for Ammunition Automatic Charging & Assembly,  
No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Aiming at problems like excess operators, potential safety hazards, difficult control on product packing qualities of China's hand-working packaging for granular propellant at present, conduct a project of control technology research for automatic granular propellant packaging. Using the methods of carton encoding reliably recognition, automatic charging of averting overflow, multi paper detection on paging machine, integrated information management and quality-tracing of packing qualities, we realize automatic packing and weight for granular propellant. Now the research has been adopted in domestic automated propellant packaging line. The application results show: it realizes man-machine separation in danger areas, safe production, and packing quality tracking and return control.

**Keywords:** carton encoding; integrated information management; automatic propellant packaging

### 0 引言

目前国内粒状发射药的混同方式主要采用塔拉索夫、格式混同、皮带混同等工艺, 混同后的发射药称量与包装过程均采用人工简单机械操作, 在包装标志上采用人工称重和手动放置装箱单等方式, 现场人员密集, 装药包装粉尘大, 危险系数高, 存在巨大安全隐患, 无法实现包装产品的质量追溯。

为了保证粒状发射药的包装质量和包装效率, 且能对每箱产品质量进行跟踪, 实现粒状发射药的自动化无人生产, 人机隔离操作, 笔者针对某粒状发射药自动包装生产线的发射药包装工艺, 开展了自动包装控制技术研究, 将防爆物流传输技术、身份生成与自动识别技术、自动装药、自动装填装箱单、综合信息管理技术等相结合, 实现了粒状发射药的自动称量包装以及产品质量信息管理和追溯。

### 1 粒状发射药自动包装工艺流程

图 1 为粒状发射药的自动包装工艺流程。根据粒状发射药自动称量包装的工艺流程, 将所有功能

按模块划分为准备模块、称量装药模块、前后处理模块、密封性检测模块、检重模块、传输模块、控制模块。

**准备模块:** 发射药称量前的准备工作, 包括准备空木箱及铁箱、发射药从混同间地沟到装药间定量包装秤的输送、发射药的称量前缓存。

**称量装药模块:** 完成发射药是自动定量称量, 并装入铁箱, 将称量结果与箱号标志进行登记。

**前后处理模块:** 包括贴标、称初重、放装箱单, 铁箱封盖, 加铅封、检验/铅封、木箱封盖合扣等。

**密封性检测模块:** 检测铁箱密封性。

**检重模块:** 检测装药净重。装药前在贴标工位由自动侧面贴标机为木箱贴上身份识别条码, 由初重秤称出空箱质量, 扫描器读出箱体身份条码, 将质量数据记入该箱数据项下; 装药后由检重秤称出总质量, 扫描器读出箱体身份条码, 从系统中取出其初重, 两者相减即得净重。

**传输模块:** 实现包装箱在不同工位间的传输、移动、定位。传输模块主要有滚筒传输线、爬坡皮带线、传感器、气缸、定位机构、码垛机等组成。

收稿日期: 2015-10-17; 修回日期: 2015-12-09

作者简介: 孔 淼(1978—), 女, 重庆人, 工程师, 从事工业自动化设备控制系统设计研究。

控制模块：检测、控制设备的运行。采用总线传输技术，将主站的人机操作和从站的信号采集、状态输出进行集中分散控制，实现了人机隔离操作，极大地保证了整条线的本质安全度<sup>[1]</sup>。

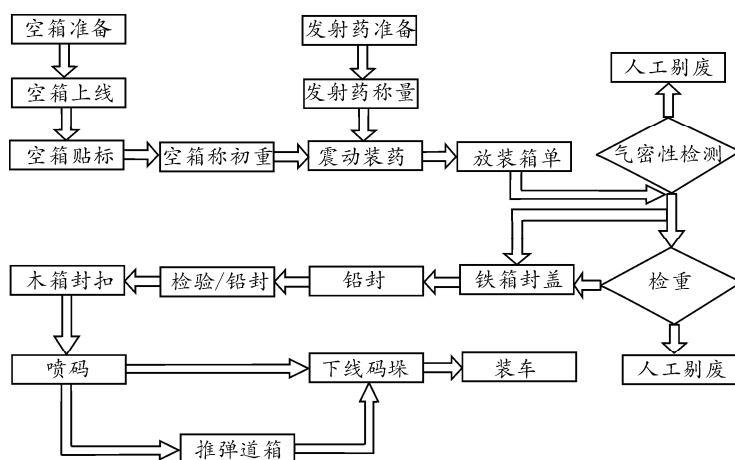


图1 粒状发射药自动包装工艺流程

## 2 关键技术

### 2.1 箱体 ID 识别可靠性技术

为了对每箱发射药装药质量进行自动跟踪，在空箱上线时采用空箱贴 ID 身份标志的方式进行箱体编号，后续工序的空箱质量检测、装药质量、装箱单排序、抽检信息自动与箱体 ID 进行一一对应。箱体 ID 的自动识别及识别的准确率是产线质量追溯可靠性的重要保证。

箱体 ID 采用 CODE128 编码规则。条码信息的识别方式主要有光电扫描技术和图像处理技术，光电扫描仪由于光束展开需要机械结构参与，影响使用寿命。图像处理技术主要利用相机采集图像，采用图像处理的方法对条码进行预处理、定位以及识别<sup>[2]</sup>，其寿命不受结构影响，成为最近市场条码识别技术的主要发展方向。

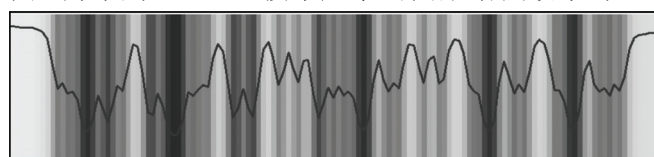
在贴标时由于产线速度影响贴标定位误差大约为 2 cm，且箱体经过长物流的传输在到达扫码工位时，箱体运行轨迹可能发生倾斜或前后位置变化，这都会影响图像扫码的效果。

为了保证箱体 ID 条码的正确识别，笔者在条码扫描和解析上采取了以下几个关键技术：

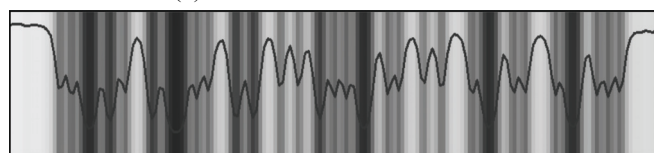
1) 采用 Hot bars 图像分析技术保证条码解析的准确性和稳定性。

为了保证扫码的可读稳定性和考虑扫描设备的寿命，读码器采用美国康耐视公司的 50L，该读码器采用 CCD 面阵视觉成像技术进行扫码，通过对物流线上传送的物体进行连续拍照组合，并按时间频率对扫描图像进行条码解析。其条码定位和解析按照 Hot bars 原理进行，在纹理分布的方向上提取

高分辨率的一维信号进行解码，对于纹理分布方向上部分严重衰减和缺失的信号采取补偿的原理进行图形重构，避免了因噪音、镜面反射、强透视畸变、静区干扰带来的一维条码误读和无法解析等情况。图 2 为采用 Hot bars 技术后条码图形增强效果对比。



(a) 图像衰减和缺失条码图形



(b) Hot bars 效果

图2 采用 Hotbars 图形分析技术后的条码图像对比效果

2) 条码图像捕捉的完整性保证。

为了配合产线物流速度，拍照速度必须快于条码通过速度。相机曝光时间的计算公式如下：

$$P_s \leq \frac{W \times 60}{v \times 1000} \quad (1)$$

式中： $P_s$  为曝光时间，s； $W$  为条码宽度，mm； $v$  为产线速度，m/min。

按照 6 m/min 的物流速度，条码的宽度为 40 mm，相机的曝光时间低于 0.4 s。笔者将相机曝光时间设置在 0.2 s，保证在拍照周期内条码捕捉的完整性。

3) 解析数据有效性判断。

由于箱体编号是连续不重复的，读码器按时间频率对通过的物体进行连续读码，解析出的条码数

据按照 ASCLL 码的形式发送，若多次相同读码的结果全部发送给 PLC，PLC 的串口接收缓存区数据就会过多，从而造成串口通信处理时间过长。为保证数据通信的有效处理时间，读码器在解码的同时进行数据比较判断，如果解码相同的数据则按最后一次读码值进行发送，这样保证了在条码通过的周期内，PLC 控制器只接收到一次有效值，有效节省了系统运算时间。

任何读码器均不能达到 100%的解码效率，可能会出现误码和无码的情况。为了保证每次箱体条码读取的有效性和准确性，还必须对每次 PLC 的串口接收数据进行有效性判断，对异常读码的箱体及时进行重读处理，处理的方法如下：

PLC 在箱体信号同步周期内，对串口接收缓冲区数据采用轮循方法从接收缓冲区取数直至收到通信结束符“0A 0D”为止。若未接收到“0A 0D”通信结束符，接收缓冲区无数据，则该箱体扫描周期内为无码；若在箱体扫描周期内接收的数据与上周期的数据不连续，或接收数据字节超过规定数据字节长度，则判断当前接收的读码器数据为误码。

### 2.2 自动装药技术

粒状发射药的装药技术包括粒状发射药的自动称量和自动装药，自动称量部分由包装秤自动完成，其难点是称量后药料的自动装药技术。称量完成后的药料放料装箱时，由于药料流散时间长，宜在箱体内部形成堆积角而造成药料放料初期溢出箱体。传统的人工装药采用漏斗口部放料和振动方式来改善药料放料的溢料现象，从消除堆积角到箱体药料振实时间大约 15 s；但还是会由于放料初期药料的大量堆积出现溢料现象，必须由人工进行干预。

为了避免装药时大批量放料引起的堆积角度过高产生的溢料问题，笔者采用伺服速度跟踪技术来解决注药上升速度与药料流散速度相匹配的问题。其原理如下：

伺服电机带动放料漏斗从箱体底部放料，并带动漏斗以速度  $v_s$  逐渐上升，药料流出的速度近似为  $v_s$ ，同时箱体振动台开始振动，药料由堆积角向箱体扩散的平均速度为  $v_1$ ，保证药料不产生溢出的条件为相同时间内物料流出漏斗的体积与在堆满箱体一定高度的体积相等：

$$\phi v_s t = S v_1 t \tag{2}$$

式中： $\phi$  为漏斗出料口截面积， $\text{mm}^2$ ； $v_s$  为漏斗上升速度， $\text{mm/s}$ ； $t$  为时间， $s$ ； $S$  为装药箱体截面积， $\text{mm}^2$ ；

$v_1$  为药料振动的扩散平均速度， $\text{mm/s}$ 。

### 2.3 装箱单防重页检测技术

装箱单打印好后采用分页机来完成装箱单的自动排序。为了保证装箱单与连续箱号一一对应，分页机分页时绝对不允许重页现象；否则，重页部分的装箱单号与箱体编号就会出现混乱。

实际分页过程中，由于纸张的静电和硬度等特性，分页机均无法做到 100%的将纸张分离，必须在实际分页过程中识别出重页的情况，并通知人工干预。

分页机重页检测利用光的穿透性原理：相同纸张介质的层数影响光的穿透率。检测光源采用穿透率较强的红光，待检的分页纸张的一面为发射光位置；另一面接收光位置，利用光的透射率的原理，通过接收端获得的光通量和入射端发送的光通量比率变化，判断是否产生重页现象<sup>[3]</sup>。

重页检测的光透过物理模型可以近似理解为光通过多层相互平行的介质，利用多层膜系的琼斯矩阵计算光的总反射率为：

$$R = \left(\frac{0-Y}{n_0+Y}\right) \times \left(\frac{0-Y}{n_0+Y}\right)^* \tag{3}$$

式中： $\left(\frac{0-Y}{n_0+Y}\right)^*$  为共轭； $Y$  为膜系的光学导纳。

$Y$  利用多层膜系的特征矩阵  $M_j$  求得，即可确定反射率  $R$ ，特征矩阵  $M_j$  为：

$$M_j = [\cos \phi_j - i \sin \phi_j / Y] - i Y_j \sin \phi_j \cos \phi_j \tag{4}$$

透射率

$$T = 1 - R \tag{5}$$

### 2.4 综合信息管理及质量追溯回控技术

系统的产品质量追溯原理如下：

1) 产品质量数据库生成。

产品的质量数据由 PLC 或其他数采设备从生产线上自动获取。在现场起始端安装终端读取器，读取每个产品的唯一身份认证，并由数采设备将当前对应工位的数据，发送到嵌入式计算机系统或 PLC 子系统上，再发送到上位机，保存到数据库中。

产品质量数据库生成过程如图 3 所示。

由软件模拟产生一条虚拟的生产线(或传输线)，这条虚拟的生产线上只有与产品信息采集或输入相关的虚拟工位。

新产品刚上线时，按产品读取的身份认证编号创建一个新文档记录，同时存储产品的生产数据信

息。这个记录会随着产品在生产线上的移动，而在虚拟生产线上移动。当移动到每一个产品信息采集或输入的虚拟工位时，被填入相关的信息，然后移动到下个虚拟工位。记录在虚拟生产线上移动操作的触发条件为终端读取器读取新的身份编号。直到通过最后一个虚拟工位(扫描条码)下线时，计算机将这条记录中相关的信息转移到数据库中，同时销毁这条记录。

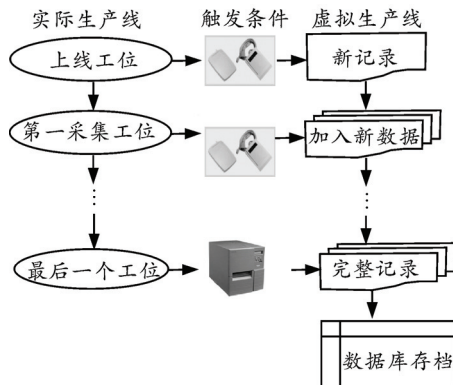


图 3 质量数据记录生成过程

所有产品生产数据均采用数据库技术处理，由数据采集系统软件自动完成，所有数据存入 SQL SERVER 标准数据库，允许第三方做二次开发<sup>[4]</sup>。这些数据由数据管理软件处理，完成查询、统计、修改、增加、删除等基本操作。

### 2) 产品质量追溯与回控。

产品下线后，可以通过手持终端 RFID 扫描或者输入产品身份认证编号，自动在质量数据库管理系统上查询产品的质量信息。RFID 质量追溯系统主要分为 6 个功能模块：系统管理、基础数据管理、产品信息导入/导出、产品质量追溯、产品质量分析、

\*\*\*\*\*

(上接第 74 页)

表 1 H68 黄铜和钢的材料参数<sup>[5]</sup>

材料	参数	
	弹性模量 E/GPa	泊松比
H68 黄铜	106	0.324
钢	207	0.290

将上述参数带入式 (14) 中计算得到拔弹力  $F$  为 2 422.5 N。与实验值比较，误差为 8.9%，小于工程允许误差 15%。由此可知，由该拔弹力公式计算得到的拔弹力能够较好地与实验值吻合。

## 4 结论

笔者根据弹性力学基本假设、拉梅公式以及结合处的边界条件，推导出拔弹力与过盈量之间的关

现场信息录入<sup>[5]</sup>，可以查询编号产品对应的箱体质量、装药质量、抽检气密结果等质量信息，并具有历史数据的处理功能，可以方便地形成运行报表和历史趋势曲线。

## 3 应用效果

该自动包装控制技术现已成功应用于国内某发射药的自动包装生产线，包装效率达到 80 箱/h，实现了发射药包装箱号自动识别，发射药称重包装、自动放置装箱单、箱体抽检、封盖、铅封、码垛等工序自动生产，且能对包装质量信息管理和形成质量追溯与回控。

## 4 结束语

笔者采用远程自动包装控制技术，实现了粒状发射药包装生产的人机隔离，提高了火工药品包装的自动化水平，有利于产品包装质量的控制，为国内火工品包装技术的推广打下了坚实的基础。

## 参考文献：

- [1] 刘锡朋, 诸洪. 纤维素硝化酯热脱水装置控制系统安全可靠设计[C]. 2010年含能材料与钝感弹药技术学术研讨会论文集, 2010.
- [2] 王霞玲, 吕岳, 文颖. 复杂背景和非均匀光照环境下的条码自动定位和识别[J]. 智能系统学报, 2010, 5(1): 35-40.
- [3] 邱召运, 李述香, 刘发明, 等. 智能化双张检测控制器研制[J]. 电工技术, 2009, 29(5): 28-30.
- [4] 赵凯. 基于winCC6.0的弹药自动装配线数据采集[J]. 自动测量与控制, 2007, 26(9): 86-96.
- [5] 景熠, 王旭, 李文川. 基于RFID的变速器装配线质量追溯系统研究[J]. 现代科学仪器, 2011(5): 63-67.

系。由实验值与理论计算值比较可知，由该拔弹力公式计算得到的拔弹力能够较好地与实验值吻合。

## 参考文献：

- [1] 乔相信, 阎思江, 王人参. 制式定装炮弹拔弹力的计算和控制方法[J]. 弹箭与制导学报, 2008, 28(2): 90-92.
- [2] 冯垣洁. 发动机连杆衬套过盈装配仿真及分析[D]. 太原: 中北大学, 2011.
- [3] 徐芝纶. 弹性力学: 上册[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 63-67.
- [4] ANSYS 常用材料弹性模量及泊松比摩擦系数[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/04335cbcc1c708a1284a44c5.html>
- [5] ANSYS 常用材料的弹性模量及泊松比[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/fa9b3127b4daa58da0114ac5.html?from=search#>