

doi: 10.7690/bgzdh.2024.08.019

## 推进剂药柱自动化装袋技术

李 昂, 余海勇, 钟顺金, 程 林

(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对药柱装袋依赖人工操作, 存在人机不隔离、有安全隐患等问题, 在民用产品自动化包装技术基础上, 选择合适的自动化包装设备进行相应技术改造, 实现推进剂药柱包装自动化。对比 2 种自动化包装设备用于推进剂药柱内包装的优缺点, 确定改造点, 进行相应的技术改造, 并通过实际生产验证。应用结果表明: 改造后的设备能够成功实现推进剂药柱装袋, 各项安全隐患被消除。

**关键词:** 推进剂; 药柱; 自动化; 装袋

**中图分类号:** TJ410.5 **文献标志码:** A

## Automatic Bagging Technology of Propellant Grain

Li Ang, Yu Haiyong, Zhong Shunjin, Cheng Lin

(Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd.  
of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** In view of the problems that the propellant grain bagging relies on manual operation, the man-machine is not isolated, and there are potential safety hazards, on the basis of the automatic packaging technology of civil products, the appropriate automatic packaging equipment is selected to carry out the corresponding technical transformation to realize the automatic packaging of propellant grain. The advantages and disadvantages of two kinds of automatic packaging equipment used for propellant grain inner packaging were compared, the transformation points were determined, the corresponding technical transformation was carried out, and the actual production verification was passed. The application results show that the improved equipment can successfully realize propellant grain bagging, and the potential safety hazards are eliminated.

**Keywords:** propellant; grain; automation; bagging

### 0 引言

固体推进剂是火箭和导弹发动机的动力源<sup>[1]</sup>, 其性能直接影响武器系统的作战效能, 是武器系统完成预定功能的做功源头, 但在生产过程中设计易燃、易爆和有源性危险品, 极易引发安全事故<sup>[2]</sup>, 造成人员伤亡。我国的相关生产设备和工艺条件, 基本还是沿用 20 世纪五六十年代的规格和技术, 生产设备陈旧, 生产工艺落后, 工艺大部分使用前苏联的设备, 虽然已经老旧, 但基本可以做到人机隔离。由于自动化包装技术在我国起步晚, 近十几年来才在我国广泛使用, 很多军工生产单位建立年代久远, 在火工品领域中, 特别是在包装这一工序上, 需要大量的工作人员, 从而带来了巨大的安全风险<sup>[3]</sup>。

随着十余年来自动化包装技术在我国民用领域的蓬勃发展和广泛运用, 自动化包装技术在民用领域已十分成熟, 但是以固体推进剂为代表的各种火工品因其特殊性, 对于安全的要求更高; 因此,

民用领域的自动化包装技术不能完全采用“拿来主义”。

笔者基于民用自动化包装技术和推进剂自身的特性, 对如何将自动化包装技术运用到固体推进剂的生产内包装中进行研究和方案设计, 从而实现推进剂药柱装袋工序的自动化。

### 1 自动化包装技术运用概述

#### 1.1 内包装工艺

推进剂药柱制备、组配以及称重等工序完成后, 每数十根药柱为一套, 如图 1 所示, 横向有序地放入早已制备好的包装袋并封口, 包装袋除了作为盛放药柱的载体之外, 还要对整套药柱的姿态予以固定, 避免在运输途中同套药柱之间产生碰撞和摩擦。整个过程严禁火花、高温热源。

#### 1.2 民用自动化包装设备特点

根据工艺特点, 可以确定 2 个要素: 1) 工件为柱状物品; 2) 装工件的包装袋为成品包装袋。

收稿日期: 2024-04-22; 修回日期: 2024-05-25

第一作者: 李 昂(1986—), 男, 四川人。

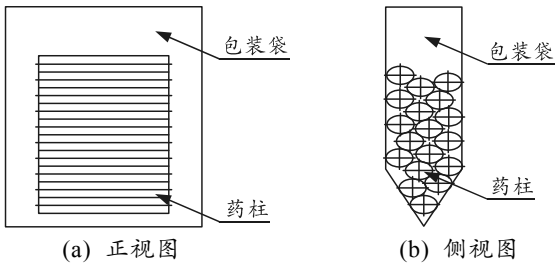


图 1 装袋

在民用领域，针对药柱物品的包装设备使用最广泛的是成型-填充-封口包装机；而成品包装袋主要用于给袋式装袋机。能够采用成品包装袋包装柱状物品的自动化包装设备，在民用市场较为罕见袋成型-填充-封口包装机主要用于柱状饼干、挂面等柱状食品包装，工件对于温度控制要求并不严苛。其工作原理是包装材料置于供料筒，沿水平或者竖直方向行进，在行进过程中通过制袋器形成包装袋的形状，在包装材料向包装袋成型的行进过程中，包装的物料被放入包装袋，最后由热合装置将包装袋封口。该设备的优点是投料简单方便，适用于物料形状比较广泛，柱状物料也可采用该种设备进行包装；缺点是包装袋必须在行进中成型，封口热源比较多(截断 2 个，背封 1 个)，温度高，且不具有改制空间，用于推进剂药柱包装有极大的安全隐患。

给袋式包装机主要用于粉末、酱体、小颗粒的包装，例如食盐、火锅底料、味精等，其工作原理是将成品包装袋放在存储装置内，经抓取、开袋、放料、封口完成装袋。给袋式装袋机的优点是机构较简单，不需要在线制袋；缺点是不适用于柱状物体，封口依靠热源(封口热源 1 个)，温度高，但具备改制空间，经改制后可用于推进剂药柱包装。2 种自动包装机的技术特点如表 1 所示。

表 1 2 种自动包装机技术特点对比

种类	袋成型-填充-封口包装机	给袋式包装机
包装袋来源	在线制袋	成品袋
适用范围	包括柱状物料、大体积块状物料等大多数形态物料	粉末、酱体、小颗粒，不适用于柱状物料
袋传送方式	直线式	旋转式或直线式
袋封口方式	热封	热封
热源数量	3 个	1 个
热源作用	截断包装材料、封口	封口
袋内物料姿态	较为有序	无序

推进剂因其特殊性，十分注重生产安全，本身非常敏感，高温热源在推进剂生产过程中是不安全因素，稍有不慎就容易酿成重大的生产安全事故；因此，在使用现有的自动化包装技术上有着不少制

约，袋成型-填充-封口包装机和给袋式包装机各有特点，却都不能直接用于推进剂药柱内包装，需进行专门的安全性改造。

军用产品对包装机械的需求远不如民用领域，专门针对军用产品研发相应产品形不成规模，投入产出成正比，大型包装机械生产厂家没有动力投入大量的精力研发针对军用领域的专门订制产品。由于包装机械业利润不高，难以吸引优秀的技术人才，以致人才队伍参差不齐，自主开发产品和创新能力薄弱<sup>[4]</sup>，很多中小型企业也不具备这样的能力，行业内目前大约有 1/4 的企业存在低水平重复生产现象<sup>[5]</sup>；因此，某些高能材料为主的军用产品自动化生产工艺改造过程中，由技术人员在成熟的包装设备基础上进行相应的安全性改造，风险较低，成本可控。

## 2 人机隔离技术路线

### 2.1 改造可行性分析

针对推进剂内包装工序的特点，对袋成型-填充-封口包装机和给袋式包装机可改造的可行性进行简要分析。

推进剂药柱内包装实现自动化，核心是安全，2 种自动化设备都存在着采用高温封口的问题，而高温封口实际上几乎是所有标准自动化包装设备封口采用的方法，能够规避高温封口实际上就是 2 种自动化包装设备改造是否可行的关键。

袋成型-填充-封口包装机的包装袋如表 1 所示，包装袋式在设备上在线制袋，整个制袋过程，高温不可或缺，且高温热源多达 3 个，如果取消热源，该设备的袋成型工序将不能实现，后面的装料工序也没有了意义；因此，袋成型-填充-封口包装机改造可行性极低。

由于给袋式包装机直接采用早已制好的成品袋，装完料后将袋口封住便完成了内包装，工序相对简单，如果取消封口的热源，等装料动作完成后再采用其他方式封口，依然可以完成药柱的内包装。因此，给袋式包装机改造可行性较高。

### 2.2 给袋式装袋机改造点梳理

给袋式包装机工作原理大同小异，不同生产厂家在工位的布置和设置上会有所不同，笔者以浙江瑞安某公司 8 工位旋转给袋式包装机作为改造样机，工位布置如图 2 所示。图中含有热封热源一个，电气非防爆。对给袋式装袋机进行分析，确定改造

点，改造点如表 2 所示。

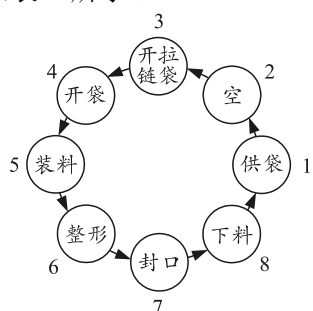


图 2 给袋式装袋机工位

表 2 给袋式包装机改造点

序号	现象	处理方法
1	工位冗余	去除开拉链袋工位
2	封口热源有安全隐患	取消热封口工位，新的封口工位外置，采用贴标机
3	装料工位的装料装置不适用于药柱	重新设计适用于药柱的装料装置
4	电气非防爆	更换使用符合防爆要求的电气元器件
5	真空泵转速过快，温度过高，在 90°~100°，有安全隐患	真空泵更换为真空发生器
6	工作节拍过快，与前面工序不匹配，但是单独调慢节拍易在工作台面上造成药柱积料，易造成安全隐患	重新设计工作程序

### 3 详细方案

#### 3.1 工位调整

给袋式包装机工位如图 2 所示，开拉链袋工位 3 和开袋工位 4 是外购标准给袋式装袋机针对不同包装袋设计的工位，根据使用包装袋的类型选择使用其中一个，在本方案中采用普通包装袋，开拉链袋工位 3 可取消；封口工位 7 因有高温热源，温度在 100°以上，有安全隐患，在设备中取消，封口工位外置，外置后有足够的空间布置非热合封口机构。工位更改后，新的工位如图 3 所示。

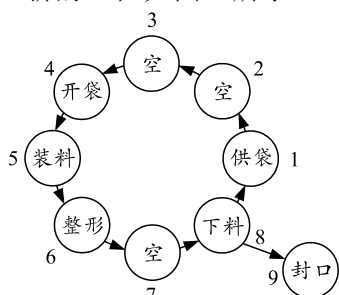


图 3 给袋式装袋机工位改造

#### 3.2 封口工位外置

推进剂内包装的目的不在于密封，而是为约束单套药柱，便于运输、取用。因热封口本身结构简

单，占用空间小，如果采用其他封口方式替代热封，在给袋式包装机内部没有足够的空间；因此，将封口工位外置，包装袋由换向机构从给袋式装袋机取出后，通过贴标机将包装袋的袋口与口袋粘合，达到封口的目的。外置封口工位布置如图 4 所示。

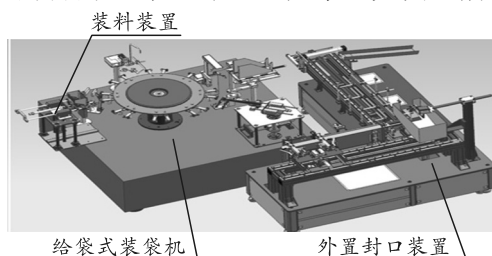


图 4 外置封口装置位置

#### 3.3 装料装置设计

给袋式装袋机在民用领域大多用来包装粉末、小颗粒、酱体等物料，装料装置不考虑装料时物料的姿态问题。针对推进剂药柱重新设计装料装置，必须满足以下条件：

- 1) 可以保持推进剂药柱姿态，从存放到放入包装袋都必须确保其方向一致，水平入袋；
- 2) 自带闭合功能，准备装袋时，物料置于装袋装置内暂存，装袋时，有开口打开，将物料放入袋内；
- 3) 保证整个工作过程安全，尽量缩小物料的落差，减小物料间的挤压、摩擦；
- 4) 针对物料的特殊性，装料装置料斗结构及工作如图 5 和 6 所示。

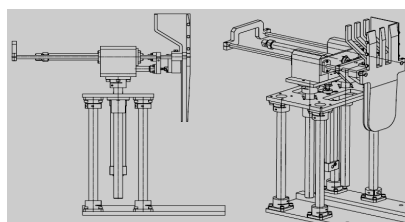


图 5 装袋装置结构

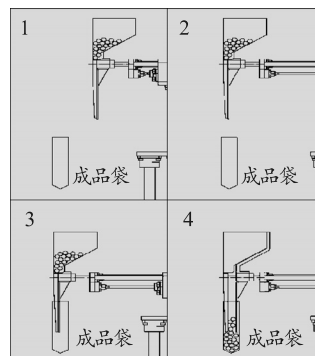


图 6 装袋装置工作