

doi: 10.7690/bgzdh.2017.07.014

# 枪弹包装线虚拟样机设计及仿真

李 威, 胡 翔, 张 博

(中国兵器装备集团自动化研究所装药中心, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 为解决枪弹包装行业手工加单机的组合生产模式存在的问题, 采用虚拟样机技术设计开发枪弹自动包装线。枪弹包装线采取“一种构型、多种型号、模块组合”的总体研发思路, 使用 Pro/E 和 ADAMS 软件对枪弹包装线的虚拟设计及其仿真, 实现枪弹包装线的精确模型设计及相关运动学分析。将虚拟样机技术应用在枪弹包装上可大幅提高设计效率和减少成本。

**关键词:** 枪弹; 包装线; 虚拟样机; 仿真

**中图分类号:** TJ411 **文献标志码:** A

## Design and Simulation of the Virtual Prototype on Bullet Package Line

Li Wei, Hu Xiang, Zhang Bo

*(Center of Ammunition Charging, Automation Research Institute of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)*

**Abstract:** For solving problems of combination production mode of handmade and machine in bullet packaging industry, use virtual prototype technology to develop bullet automatic packaging line. Based on research thought of “one system, multi types, and modules combination”, use Pro/E and ADAMS software to carry out research on virtual design and simulation of bullet packaging line and realize accurate model design and related kinematic analysis of line. The application of virtual prototyping technology on the bullet package can greatly improve design efficiency and reduce cost.

**Keywords:** bullet; package line; virtual prototype; simulation

## 0 引言

武器弹药的生产、储存、运输、经营和安全都是头等重要的事情。包装作为最终防护手段, 直接决定了武器弹药的储存寿命, 其重要性不言而喻。通过技术改造, 我国弹药自动生产技术已具备一定的原始创新、快速反应和柔性生产等能力, 但是弹药自动包装技术还是生产环节的弱项。

由于缺乏先进自动化包装技术的支撑, 我国枪弹成品绝大部分仍采用手工加单机的组合生产模式, 设备多、人员密集、工人劳动强度大, 包装质量往往取决于操作人员的技能熟练度, 不仅与国外先进水平存在较大差距, 而且为了满足配套生产能力, 不得不增加设备和人员。包装环节枪弹成品在线量大, 人机混杂, 也使得安全生产控制面临严峻挑战。应通过对制约包装效率、质量的基础性、制约性技术的研究突破, 推出成套枪弹自动化包装设备, 以满足弹药先进制造技术应用的配套需求<sup>[1]</sup>。

虚拟样机技术指在产品的设计开发过程中, 将分散的零部件设计和分析技术(某单一系统中零部件

的 CAD 和 FEA 技术)揉和在一起, 在计算机上建造出产品的整体模型, 并针对该产品在投入使用后的各种工况进行仿真分析, 预测产品的整体性能, 进而改进产品设计, 提高产品性能的一种新技术。笔者采用虚拟样机技术设计开发了枪弹自动包装线, 以解决目前枪弹包装行业存在的问题<sup>[2]</sup>。

## 1 虚拟样机的详细设计

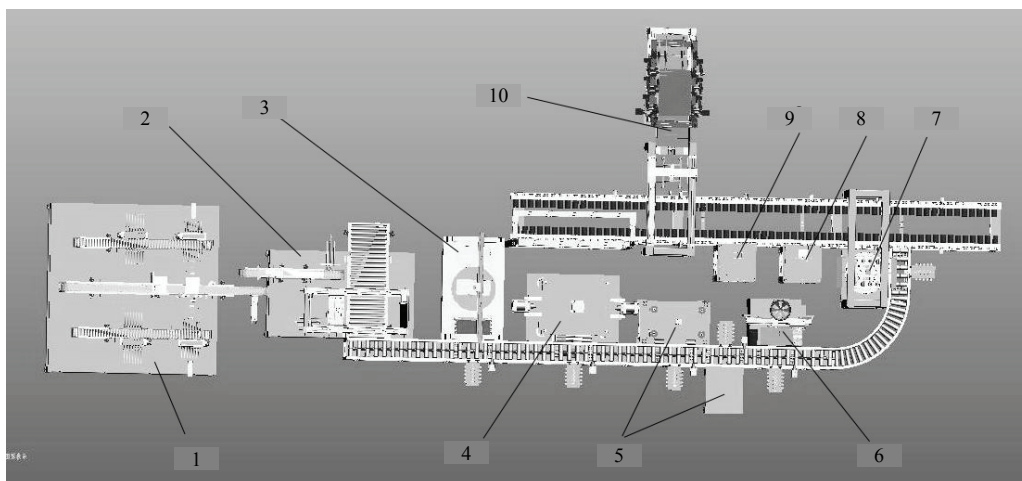
### 1.1 虚拟样机实体建模选用的软件及方案布局

在枪弹包装线的设计过程中, 为了更好地运用虚拟样机的设计方法, 笔者经综合比较之后认为, Pro/E 具有强大的 3 维设计造型功能, ADAMS 是专门进行动力学分析的软件, 二者具有很好的兼容性。在 Pro/E 中设计好的 3 维装配模型可以导入 ADAMS 里进行运动学和动力学的仿真分析。笔者采用 Pro/E 和 ADAMS 软件对枪弹包装线的虚拟设计及其仿真进行研究, 来实现枪弹包装线的精确模型设计及相关运动学分析。

采用虚拟样机设计的枪弹包装线总体方案如图 1 所示。

收稿日期: 2017-04-08; 修回日期: 2017-04-29

作者简介: 李 威(1981—), 男, 湖北人, 工程师, 从事结构及工艺研究。



1. 装盒模块；2. 装铁匣模块；3. 铁匣盖涂胶模块；4. 辊口模块；5. 密封检测和剔废模块；6. 印标志模块；7. 装箱机械手；8. 自动装箱单机机械手；9. 自动装箱刀机械手；10. 木箱封盖机械手。

图1 枪弹包装线总体方案布局

## 1.2 枪弹包装线的方案设计

本枪弹包装线采取“一种构型、多种型号、模块组合”的总体研发思路。

“一种构型”：由于“水平包装类枪弹”包装工艺流程最为复杂，以此类型枪弹包装工艺流程为主要研究对象形成枪弹包装线基本构型；通过微调机构配合程序设置实现该产品柔性共线。

“多种型号”：为满足多系列枪弹的包装要求，在基本型号基础上发展新型号。基本构型不变，局部放大尺寸，通过微调机构配合程序设置以适应大尺寸枪弹共线的需求。

“模块组合”：将无法实现兼容的零部件设计成标准接口模块，通过模块更换、组合满足“垂直插入包装类”“直接装入铁匣类”枪弹的包装要求。

依据适用枪弹自身特性和包装工艺流程进行分析。枪弹包装线工艺流程如图2，本线按工序段划分为6大模块：装盒模块、装铁匣模块、铁匣辊口模块、密封检测和剔废模块、印标志模块及装箱模块(从铁匣装箱到木箱封盖)，总体呈直线布局。

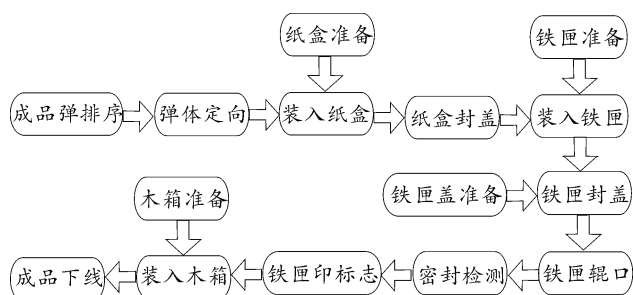


图2 枪弹包装线工艺流程

装铁匣模块采用纸盒调向后初步定位，再由机械手抓取放入纸盒的方式。纸盒在线完成折舌封盖，通过旋转调向装置由定位机构将纸盒推入预定的位置，机械手抓取纸盒放入铁匣。涂胶模块由机械手吸取铁匣盖，并经涂胶工位涂胶后将铁匣盖扣在铁匣上；辊口模块采用机械辊刀式辊口原理，并增加自动上下传输装置实现物流对接；密封检测及剔废模块采用密封罩负压方式检漏，并在之后工位对不合格品剔废；铁匣印标志模块采用技术成熟的丝网印刷设备；装箱模块由机械手吸附铁匣自动定位装入木箱，木箱进入箱体输送线，经机械手自动装入开箱刀、自动木箱封盖、木箱盖半自动打钉、木箱半自动束带打包等工位后完成包装过程。

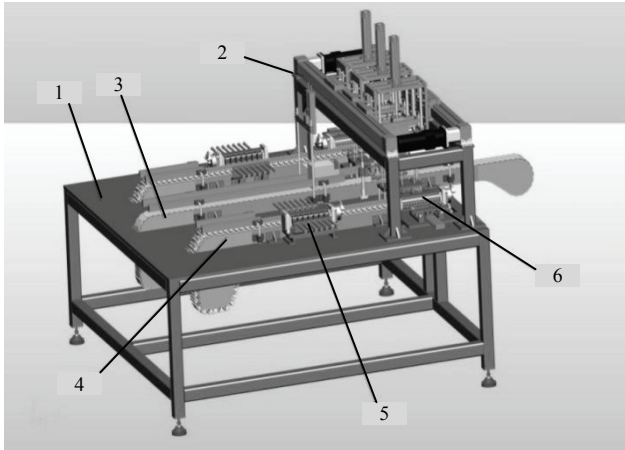
## 1.3 枪弹包装线的主要模块的模块化设计

### 1) 装盒模块。

枪弹自动包装线采用直线式布局。为满足 200发/min 最高工作效率，将关键装盒模块设定为双路并行工作模式，如图3所示。纸盒传输线位于双路并行对称轴线上，装盒机械手采用双工作头门型结构，横跨在并行线上，双工作头可交替工作，多头真空吸附一次最多可吸取 15 发产品并能够并紧放入纸盒，后续模块均采用单线传输直列布局。

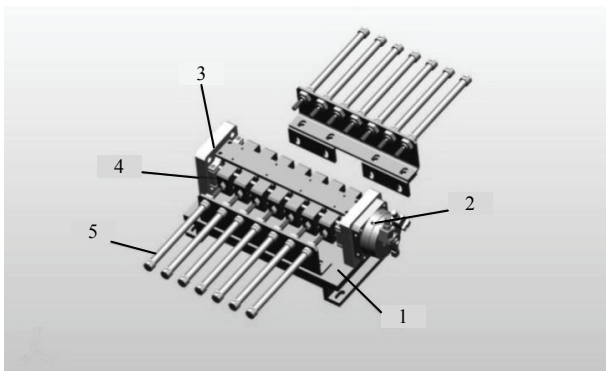
### 2) 180°翻转机构。

180°翻转机构横跨在全弹传输线上，如图4所示。对传输线上全弹进行选择交错换向。定位模之间用弹簧进行定位，可适应多型号弹种的定位及换向，采用摆缸进行180°换向，方便操作且防爆。



1. 主机架; 2. 抓取装置; 3. 装盒传输线; 4. 全弹传输线;  
5. 180°翻转装置; 6. 90° 翻转装置。

图 3 装盒模块

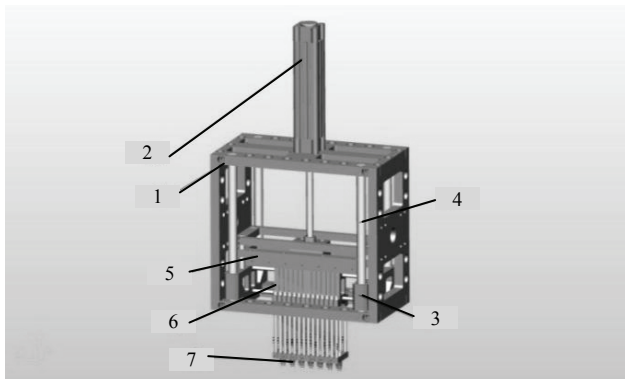


1. 安装底座; 2. 摆缸; 3. 轴承座; 4. 定位模; 5. 退料气缸。

图 4 180°翻转机构

### 3) 抓弹机构。

抓弹机构如图 5 所示，采用气缸配合真空吸盘的方式对全弹进行抓取，一次性抓取 15 发弹，15 个工位使用连杆配合滑套、滚轮的方式进行 15 个工位的张开和收缩，考虑到适应不同的弹种，中间增加了定位螺钉以便于工位分组张开、缩回的控制。

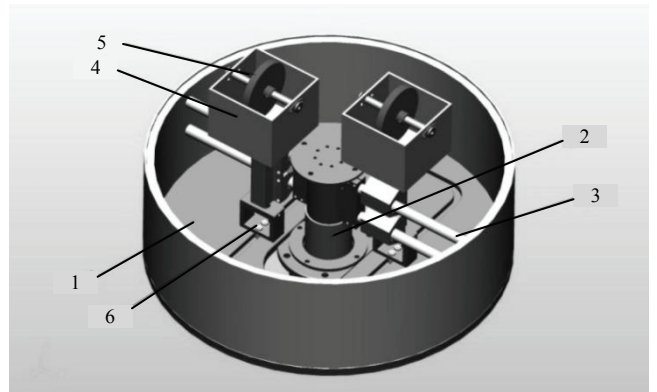


1. 外框; 2. 抓取气缸; 3. 导向套; 4. 导向杆; 5. 内框;  
6. 导向滑套; 7. 真空吸盘。

图 5 抓弹机构

### 4) 涂胶机构。

涂胶机构如图 6 所示。使用同步带传动，动力采用防爆电机，使 2 个漆盒下方的导向凸轮在导向槽内转动，这样能使上方 2 个漆轮始终在固定的轨迹上运动，涂胶时铁匣盖从上方下降到指定位置即可涂胶。



1. 定位底座; 2. 旋转轴; 3. 导向杆; 4. 漆盒; 5. 漆轮;  
6. 导向凸轮。

图 6 涂胶机构

在本枪弹包装线虚拟样机的设计过程中，为了充分适应多型号产品的包装要求，大量采用模块化设计，很多底座及连接方式均统一，这样更换产品生产时能迅速更换、组合工装，达到再生产的目的。

## 1.4 枪弹包装线虚拟样机的装配

该线可针对多型号枪弹的不同包装方式进行模块化组合装配，以适应不同弹种，还可根据用户的需求增加特殊功能的模块，简而言之，本线的适应性很广。

可根据虚拟样机的模型进行实物加工装配，保证虚拟样机和物理样机的一致性，减少出错，大大缩短产品的开发周期及成本。

## 2 虚拟样机的仿真

笔者以辊刀座的力学分析和结构优化设计为例进行研究。

通过辊刀座的受力图(图 7)可以看到：表面的受力状况及承受相应载荷后的变形情况，由图可知，2 个导柱安装孔处受力变形最大。由于辊刀座一方面承受模具对它的反作用力，另一方面受到 2 个导柱传递的驱动力。综合以上分析可以得出：辊刀座的中间部分是整个结构中最薄弱的部分，两边受力比较平均。对辊刀座的结构进行优化设计分析(图 8)可知：两边宽度在 80 mm，中间板厚在 17 mm 时辊刀座质量最小。

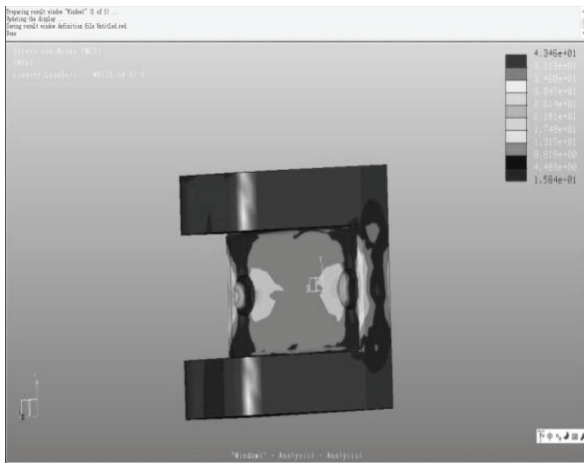


图 7 辊刀座的受力图

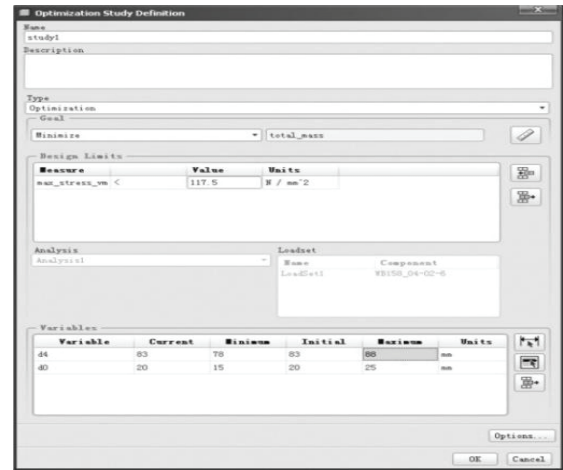


图 8 结构优化分析

### 3 结论

笔者利用 PTC 公司的 PRO/E 软件建立了枪弹包装线的虚拟样机模型，并对其进行了校核。笔者以辊刀座为例，对虚拟样机在枪弹包装线上结构设计及结构优化的应用进行说明。研究表明，将虚拟样机技术应用在枪弹包装生产上是可行的。

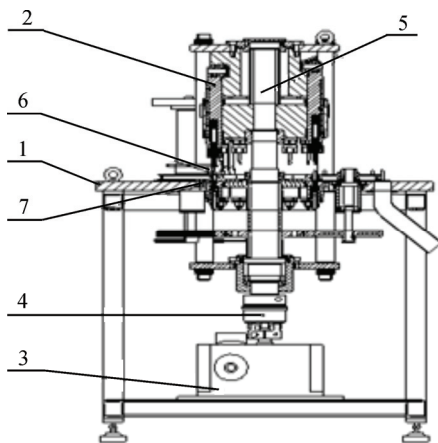
#### 参考文献：

[1] 胡翔, 诸洪. 基于模块化理论的枪弹自动包装生产线研

\*\*\*\*\*

(上接第 34 页)

由弹壳供料机构和底火供料机构分别将弹壳和底火输送至底火装配机过渡转子，经过渡转子进入压底火主转子，进行底火压制工序。压弹壳组件和底火顶升组件，在凸轮作用下，分别将底火顶入弹壳及将弹壳压住定位，通过调整垫片厚度控制对底火压入深度<sup>[7]</sup>。



1. 机架；2. 压弹壳组件；3. 电机减速器组件；  
4. 扭力限制器组件；5. 主转子；6. 弹壳；7. 底火。

图 5 底火装配机

究[C]. 2012 年度技术交流会论文集, 2012: 72-75.  
 [2] 孟祥辉, 鲁刚. 基于虚拟样机的机械件消耗规律确定方法[J]. 兵工自动化, 2015, 34(3): 18-21.  
 [3] 闫俊超, 张相炎, 刘宁. 多弹种发射新型火炮自动机技术[J]. 兵工自动化, 2015, 34(4): 9-12.  
 [4] 马增祥, 卢连军, 张均法, 等. 弹药装药技术的数值研究[J]. 兵工自动化, 2015, 34(4): 92-93.  
 [5] 陈继芹, 戴劲松, 王茂森, 等. 某无链供弹装置的仿真与试验[J]. 兵工自动化, 2014, 33(10): 49-51.

### 4 结论

实践结果表明：该转子式底火装配装置设计先进、上下料方便，底火压入深度一致性好，偏差在允许范围内，提高了底火装配质量和装配过程中的安全性；采用最优物流控制系统，提高生产效率，具有一定推广价值。

#### 参考文献：

[1] 夏建才, 刘丽梅. 火工品制造[M]. 北京: 北京理工大学出版社: 50-70.  
 [2] 李晓琴, 李朝阳, 朱全松. 火工品群模自动生产线[J]. 兵工自动化, 2014, 33(2): 72-74.  
 [3] 楼应候, 蒋亚南, 金寿松. FMS 中的自动化物流系统设计方法研究[J]. 机电工程, 1999, 28(5): 163-164.  
 [4] 李红梅, 孙安昌, 邢康宁, 等. 复合类火工品自动装配机自动控制系统[J]. 兵工自动化, 2014, 33(12): 35-40.  
 [5] 张建民. 机电一体化系统设计[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996: 24-35.  
 [6] 虞波, 张博, 肖勇, 等. 径枪弹包装托轮传输线同步技术[J]. 兵器装备工程学报, 2016(9): 11-15.  
 [7] 李晓光, 魏志芳, 高建中, 等. 枪弹弹壳挤孟组合模新型设计与研究[J]. 兵工自动化, 2016, 35(2): 82-85.