

doi: 10.7690/bgzdh.2019.02.019

大口径枪弹转子式结弹技术

晏 希, 李 锦, 李全俊, 金丰护

(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司装药中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对大口径枪弹成弹自动装配生产有结弹压合力大的特点, 提出一种大口径枪弹转子式结弹技术。借鉴小口径枪弹转子式生产模式和生产技术, 依据大口径转子式结弹技术的工作原理, 分析提升产品生产节拍和质量的改进措施, 综合计算装置中凸轮受力情况和所需功率, 对其结构等受力情况进行强度分析。结果表明: 通过对大口径枪弹转子式结弹装置进行论证, 从理论上证明了其研制的可行性。

关键词: 转子式; 结弹; 凸轮; 强度分析

中图分类号: TJ302 **文献标志码:** A

Large-diameter Rotor-type Technology of Bullet Knot

Yan Xi, Li Jin, Li Quanjun, Jin Fenghu

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

Abstract: Aiming at the characteristics of large-diameter bullet forming automatic assembly production with large pressure resultant force, the large-diameter rotor-type technology of bullet knot is proposed. Use the small diameter bullet rotor-type production mode and production technology, according to the working principle of the large-diameter rotor-type technology of bullet knot and analyzes the measures for improvement of the cycle time and quality of the product, calculates the force and required power of the cam in the device, and conducts the strength analysis. The analysis results show that the feasibility of the development is proved theoretically by demonstrating the large-diameter rotor-type bullet knot equipment.

Keywords: rotor type; bullet knot; cam; intensity analysis

0 引言

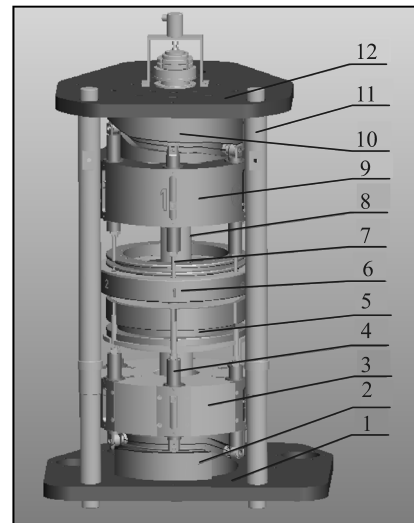
大口径枪弹生产一直采用直线式的自动化生产线^[1]。目前, 国内枪弹自动装配技术较为落后, 人工劳动强度大、危险性高、一致性差, 同时存在生产效率不高、合格率亟待加强以及研制周期长等问题^[2-3]。转子式小口径枪弹自动生产线以生产效率高、成弹合格率高、研制周期短的优势得到了用户的认同^[4]。由于大小口径枪弹的生产工艺流程基本相同, 因此笔者借鉴小口径枪弹转子式生产模式和生产技术, 将之运用于大口径枪弹生产中。

相对于小口径枪弹成弹自动装配的生产, 大口径枪弹成弹自动装配生产具有结弹压合力大的特点。针对该特点, 笔者开展大口径枪弹转子式自动结弹的关键技术研究, 以提升大口径枪弹生产的生产效率和技术水平。

1 转子式结弹样机原理

如图 1 所示, 转子式结弹机由主轴、支撑柱、

上下安装板、上下凸轮、上下顶杆、上下杆导向盘和结弹模转盘等部分组成。



1. 下凸轮安装板; 2. 下顶升凸轮; 3. 下顶杆导向盘; 4. 下顶杆; 5. 同步转盘; 6. 结弹模转盘; 7. 结弹杆; 8. 主轴; 9. 结弹杆导向盘; 10. 结弹凸轮; 11. 支撑柱; 12. 上凸轮安装板。

图 1 转子式结弹机结构

收稿日期: 2018-10-26; 修回日期: 2018-12-21

作者简介: 晏 希(1981—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事非标自动化设备设计研究。

工作过程：在上料机构，弹壳弹头通过过渡转子一一对应进入结弹转子，电机和减速器的转动带动结弹转子主轴旋转，主轴上的下顶杆导向盘跟随主轴一起旋转，带动下顶杆沿下顶升凸轮内曲线运动，同时把弹壳从同步转盘上顶入结弹模转盘中的结弹模中，而结弹杆导向盘也跟随主

轴一起旋转，带动结弹杆沿结弹凸轮内曲线运动，把弹头压入结弹模中的弹壳中，完成结弹动作。随后转子继续旋转，结弹杆沿着结弹凸轮曲线将全弹退出结弹模，然后在重力作用下全弹回到同步转盘上，传动到另一端过渡转盘下料。其结弹工作过程原理如图 2。

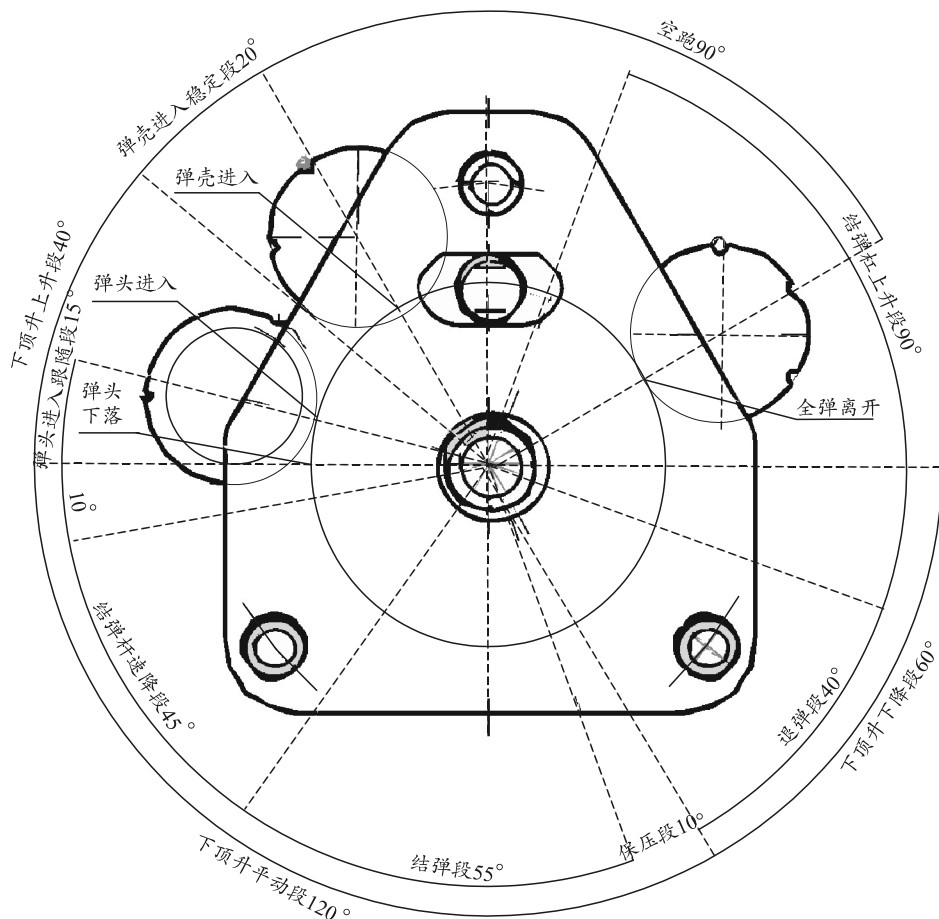


图 2 结弹工作过程原理

2 技术分析及设计改进措施

以前设计的直线式成弹装配机采用 4 工位或 6 工位，由气缸驱动叉弹板作往复运动，弹壳以步进方式输送到工位，在预压工位加装弹头后由气缸进行预压。在结弹工位，采用 8 t 气液增力缸动作下压结弹，由于受到气缸和气液增力缸动作节拍影响，生产节拍只能达到 60~70 发/min。

现设计的转子式结弹机由过渡盘将弹壳弹头以旋转方式送料，电机驱动转子旋转，下转子凸轮将弹壳顶升到结弹模内，上转子凸轮下压将弹头直接压入弹壳结弹，由于不受步进输送、气缸和增力缸等动作节拍的影响，在旋转送料的同时也在进行结弹和出料，生产节拍可轻松提升到 100 发/min 以上。

结弹的改进措施：

1) 原直线式结弹机采用 8 t 的气液增力缸，工作时瞬间冲击力及弹壳发生变形较大，影响全形合格率。现由圆柱凸轮机构带动结弹杆对弹头加压，凸轮压入角度小过程加力平缓，弹壳承受冲击力小，变形小，全形合格率提高。

2) 原直线式结弹机工作时气液增力缸同时对 4~6 发弹加力，若压入过程反作用力大于气液增力缸压力，则弹头不能压到位，成弹长度有一定误差。现工作过程中仅对单一工作头施加压力，不受其他结弹杆压入力影响，有效保证了成弹长度。

3) 原直线式结弹机弹壳放置于工作台上，压弹模下降并接触弹壳时将弹壳位置校正，同时将弹头压入弹壳，全形合格率较差。现工作时由下顶升杆沿着下凸轮曲线将弹壳推入压弹模，结弹杆沿着上

凸轮将压杆向下推出, 弹头在结弹模的导向作用下被压入弹壳, 有利于保证弹头与弹壳的同轴度, 全形合格率大大提高。

4) 原直线式结弹机利用弹底圆凹槽卡住弹模, 防止吸弹。现采用在结弹凸轮上增加退弹曲线, 通过结弹杆将成弹顶出结弹模。

3 设计计算

1) 压弹凸轮力矩计算。

阻力矩计算: 依据 12.7 mm 机枪弹技术要求中对拔弹力的规定, 结弹力应大于 2~3 倍拔弹力, 参考原直线式大口径枪弹自动装配生产线经验, 结弹力需要近 15 kN。

结弹转子采用 6 工位, 设计转子回转半径 250 mm, 转速 20 r/min, 压入段凸轮倾角 3.62°, 工作过程中最多有 1 个冲头同时结弹, 结弹力 15 kN, 凸轮曲面受力如图 3 所示。其中: F_1 为旋转方向的切向力, F_2 为结弹力, F_n 为垂直于凸轮曲面的两者合力, α 为凸轮曲面角度。

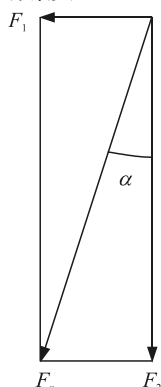


图 3 结弹杆与凸轮接触面受力图

$$F_1 = F_2 \times \tan \alpha = 15\ 000 \times \tan 3.62^\circ = 950\ \text{N},$$

$$F_n = F_2 \div \cos \alpha = 15\ 000 \div \cos 3.62^\circ = 15\ 030\ \text{N}.$$

结弹时主要承受冲头压力和滚轮的摩擦力, 滚动摩擦系数 $\mu = 0.05$ 。

阻力矩 T :

$$T_{\text{上}} = F_1 L + \mu F_n L = 950 \times 0.25 + 0.05 \times 15\ 030 \times 0.25 = 238 + 188 = 426\ \text{N} \cdot \text{m}.$$

2) 顶升凸轮力矩计算。

阻力矩计算: 顶升凸轮结弹时主要承受摩擦力矩。

转子 6 工位, 半径为 250 mm, 转速为 20 r/min, 工作过程中最多有 1 个冲头同时结弹, 结弹力 15 kN, 滚动摩擦系数 $\mu = 0.05$ 。

$$T_{\text{下}} = \mu N L = 0.05 \times 15\ 000 \times 0.25 = 187.5\ \text{N} \cdot \text{m}.$$

3) 转子转动惯量扭力计算:

$$M_{\text{上}} = J\beta.$$

其中: M 是扭转力矩; J 是转动惯量; β 是角加速度, 大致为 $2\pi/3$ (rad/s²) (按 120 发/min, 1 s 达到该速度)。

$$J = mr^2/2.$$

其中: m 是旋转部分的质量, 大致为 400 kg; r 是旋转部分的半径, 0.25 m。

$$M_{\text{上}} = mr^2/2 \times \beta = 400 \times 0.25^2/2 \times 2\pi/3 = 26.2\ \text{N} \cdot \text{m}.$$

4) 转子工作时总力矩计算:

$$T_{\text{总}} = T_{\text{上}} + T_{\text{下}} + M = 426 + 187.5 + 26.2 = 640\ \text{N} \cdot \text{m}.$$

5) 所需功率计算。

有效功率:

$$P_w = T_{\text{总}} \times n \div 9\ 550 = 640 \times 20 \div 9\ 550 = 1.34\ \text{kW}.$$

其中: $T_{\text{总}}$ 为转子工作时承受的总阻力矩, N·m; n 为转子转速, r/min。

所需总功率:

$$P_d = \frac{P_w}{\eta} = 1.34 \div 0.94 = 1.43\ \text{kW}.$$

其中 η 为电机至转子传动的总效率。

4 强度分析

相对于小口径枪弹自动装配生产过程, 大口径枪弹自动装配生产结弹力大幅度增加, 要将高速转子式技术应用于大口径枪弹结弹, 必须对其结构等受力情况进行强度分析^[5]。

通过对转子式结弹机进行有限元分析后, 其位移最大值以及 Mises 应力最大值见图 4 和图 5, 分别为 0.092 8 mm、230.24 MPa。该件所用材料为 Cr12MoV, 其屈服强度 σ_s 为 785 MPa, 安全系数为 $785/230.24=3.4$, 可以满足设计要求。

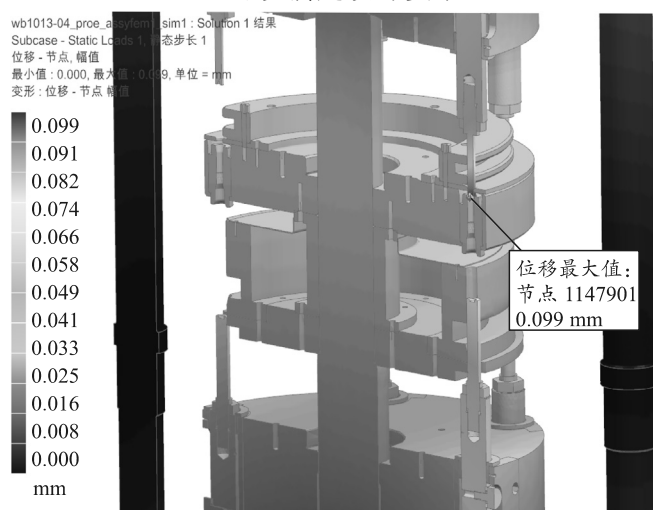


图 4 最大位移位置

wb1013-04_proe_assyfem1_sim1 : Solution 1 结果
 Subcase - Static Loads 1, 静态步长 1
 应力 - 单元-节点, 平均, Von Mises
 最小值: 0.00, 最大值: 230.24, 单位 = N/mm²(MPa)
 变形: 位移 - 节点 幅值

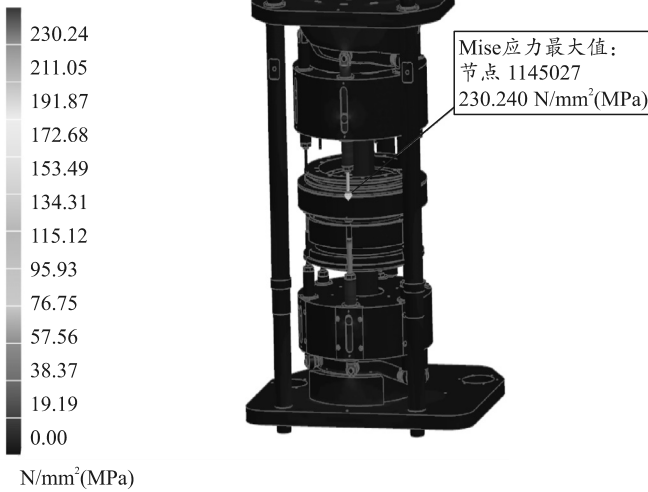


图 5 最大应力点位置

5 结束语

经过调试验证可知：笔者设计的大口径枪弹转子式结弹机结弹效率达到了 100 发/min，实现了大口径枪弹装配领域的技术突破。通过提高供料速度，还可进一步提升整机结弹效率。

参考文献：

[1] 马云富. 我国弹药装药装配技术现状及发展对策[J]. 兵工自动化, 2009, 28(9): 1-3, 14.
 [2] 童卓, 韩银泉, 熊长江, 等. 引信拧紧技术在某枪弹中的研究应用[J]. 兵器装备学报, 2015, 36(7): 148-150.
 [3] 舒泽胜, 刘锡朋, 赵建抒. 小口径炮弹底火自动拧紧专机研究[J]. 兵工自动化, 2014, 33(7): 75-78.
 [4] 高丰. 基于高速转子式结构的小口径枪弹装药装配设备与技术研究[J]. 兵工自动化, 2009, 11(4): 1-4.
 [5] 赵经文, 王宏钰. 结构有限元分析[M]. 2 版. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1988: 144-168.

(上接第 28 页)

[2] 崔小雄, 徐廷学. 机载弹药精确供应保障研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2005, 20(6): 685-689.
 [3] 樊胜利, 柏彦奇, 秦键, 等. 面向装备作战仿真的弹药调拨供应决策建模方法研究[J]. 军械工程学院学报, 2011, 23(2): 1-6.
 [4] 王光源, 沙德鹏, 盛沛. 反舰导弹突击舰艇目标弹药消耗量建模仿真[J]. 兵工自动化, 2017, 36(6): 9-12.
 [5] 马懿, 卢昱, 陈立云, 等. 弹药供应保障指挥系统工作流程建模研究[J]. 指挥控制与仿真, 2011, 33(2): 71-75.
 [6] YAN J J, WANG Y, WANG X Y. Modeling and simulation of Lanchester Equation based on game theory[C]// International Conference on Business Management and Electronic Information. IEEE, 2011: 212-214.
 [7] CHEN X Y, JING Y W, LI C J, et al. Optimal strategies for winning in military conflicts based on Lanchester equation[J]. Control & Decision, 2011, 26(6): 945-948.

[8] JIANG N, CHEN X, HOU C, et al. Warfare Command Decision Making Analysis of Information Support Based on Lanchester Equation[C]// Chinese Control and Decision Conference, 2010: 1351-1353.
 [9] CHEN X Y, JING Y W, CHUN J L I, et al. Analysis of Optimum Strategy Using Lanchester Equation for Naval Battles like Trafalgar[J]. Journal of Northeastern University, 2009, 30(4): 535-538.
 [10] 陆凡, 刘志勤. 多元 Lanchester 方程在装备战损量预计中的应用[J]. 运筹与管理, 2007, 16(3): 90-96.
 [11] BARLAS Y. Formal aspects of model validity and validation in system dynamics[J]. System Dynamics Review, 1996, 12(3): 183-210.
 [12] RICHARDSON G P, PUGH A L. Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO[J]. Journal of the Operational Research Society, 1997, 48(11): 1146-1146.
 [13] MACFARLANE A G J. Introduction to System Dynamics[J]. Electronics & Power, 2009, 14(1): 42.