

doi: 10.7690/bgzd.2013.05.022

# 发射药的高速高精度转子式装药及药量控制技术

晏希, 余海勇

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

**摘要:** 为了同时保证枪弹装药过程中的高效和高精度, 对转子式装药方法的药量控制技术进行研究。介绍转子式装药机构原理, 采用弹簧压紧的方式提高计量板寿命和装药精度; 通过螺钉旋转调节计量定位块前后位移实现对药量的高精度快速响应控制。介绍了转子式药深检测机构原理, 通过检测块的高度反映出药面深度, 并对检测不合格品进行剔废处理。实际生产结果表明: 生产效率达到 240 发/min 时, 装药量的精度均能控制在  $\pm 0.02$  g 以内, 在枪弹装药装配领域是一个重大的技术突破。

**关键词:** 转子式装药; 药量控制; 装药精度; 装药效率

**中图分类号:** TJ410.5 **文献标志码:** A

## High Efficiency and High Precision Rotor Charging and Weight Control for Propellant

Yan Xi, Yu Haiyong

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

**Abstract:** In order to keep high efficiency and high precision in ammunition charging assembly process, study the rotor charging and weight control technology. Introduce the principle of the rotor charging equipment, use the spring impaction to improve the charging precision and charging board lifespan. Use the adjustable blocks in the charging board to get the high precise and quick response of propellant weight control. Also introduce the principle of the rotor propellant weight checking equipment, sense the height of the checking block to get the propellant's depth in the jacket, and then reject the propellant whose weight is unqualified. The charging in the real manufacture shows that, when the charging efficiency is reached to 240 rounds per min, the charging precision can be reached less than  $\pm 0.02$ g. It is an important technology advancement in ammunition charging assembly field.

**Key words:** rotor charging; weight control; charging efficiency; charging precision

### 0 引言

枪弹发射药的装药效率与装药精度是枪弹装配中 2 个关键但又相互制约的工艺指标。装药效率关系到枪弹的生产效率, 是每个生产厂家都在持续提高的一个指标。装药精度则直接关系到枪弹的产品质量, 例如射击精准性, 精度不高还会造成射击时炸膛或哑火等质量事故, 必须进行严格控制<sup>[1]</sup>。传统的装药机构在装药效率与装药精度方面是相互制约的, 装药效率的提高会影响到装药精度的下降。转子式高效率装药是国内枪弹装配领域的一项新型装药技术, 它一方面实现了装药的高效率, 另一方面又保证了较高的装药精度, 实现了枪弹装配过程中高效率与高质量的完美结合<sup>[2]</sup>; 因此, 笔者对转子式装药方法的药量控制技术进行研究。

### 1 转子式装药机构原理

如图 1, 转子式装药机的装置由进料通道、装药药槽、计量板、分药板、装药通道、同步转盘和取样装置等组成。工作过程中, 进料通道、装药药

槽和分药板静止, 动力轴带动计量板、装药通道、同步转盘旋转。在转子连续旋转过程中和重力的作用下, 发射药从进料通道和装药药槽中不间断进入计量板中进行定容称量装药, 之后又从分药板中下落放药, 通过装药通道进入到跟随同步转盘一起运动的弹壳中。整个装药与放药的过程是连续同步且并行运行的, 因此同传统的直线步进式计量板装药相比, 它的装药效率显著增强。

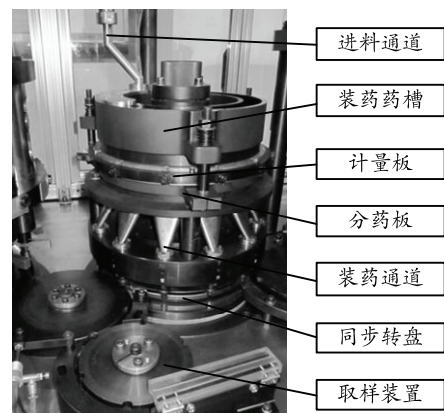


图 1 转子式装药机结构示意图

收稿日期: 2012-11-22; 修回日期: 2012-12-04

基金项目: 国防基础科研(C1020110001)

作者简介: 晏希(1981—), 男, 四川人, 本科, 助工, 从事工业自动化及弹药相关技术研究。

计量板采用定容环形计量方式, 工位数 12, 如图 2, 装药转子旋转一周, 就可以完成 12 发弹壳装药。因此, 理论上主轴的旋转速度越快, 环形计量板上开孔越多, 就可以实现越高的装药生产效率。

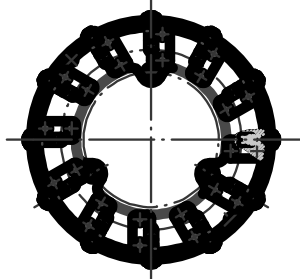


图 2 环形计量板结构原理

由于计量板在静止的装药药槽和分药板之间不停旋转, 为了减少对计量板的磨损, 还采用了弹簧压紧的方式, 把计量板、装药药槽和分药板 3 件贴合紧密, 提高了计量板寿命和装药精度。

为了对装药的药量情况及时抽查, 在装药转子后增加了取样装置, 在设备运转过程中都能方便地随时抽查每个工位药量是否合格, 提高了生产效率。

## 2 转子式装药药量控制

在高的装药效率下, 要保证转子式装药机构的装药精度不降低, 就必须对药量进行高精度的控制。影响装药精度的因素很多, 但从本质上来讲, 从定容式装药的原理可以看出, 影响装药量  $M$  的只有 2 个因素: 发射药装药密度  $\rho$  以及装药容积  $V$ 。

$$M = \rho \times V \quad (1)$$

从容积  $V$  上来说, 要求计量板上的每一个计量孔大小完全一致, 才能实现装药量的一致。实际上, 无论从加工精度还是安装精度, 12 个计量孔容积完全一致不大容易实现, 这就需要定容计量板的每个孔能够进行快速精确调节, 通过调节使其容积尽量相同。计量孔由计量板主体与计量定位块的间隙所形成, 计量定位块为可径向调节, 如图 3 所示, 其可调节的位移由与其连接的调节螺钉旋转实现。螺钉每旋转一定角度, 则计量孔容积发生一定变化, 使得我们在装药过程中能够实现快速变批响应<sup>[3]</sup>。

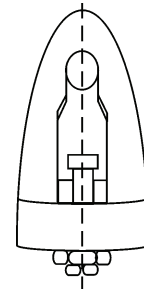


图 3 药量调节机构结构原理

再说装药密度, 理论上同批的发射药装药密度是恒定的, 但在实际装药过程中, 由于装药是一个动态过程, 其实际的装药密度会受到装药药槽内药面高度、装药时间和设备起停的振动等影响。比如在装药药槽内药量不足时装药密度会明显变小, 设备停机时由于装药时间增长装药密度会明显变大。

表 1 抽样装药量数据

序号	装药量											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.802	1.792	1.795	1.790	1.790	1.797	1.793	1.786	1.800	1.791	1.806	1.798
2	1.793	1.800	1.802	1.802	1.801	1.800	1.798	1.796	1.799	1.804	1.800	1.790
3	1.806	1.800	1.788	1.796	1.795	1.808	1.790	1.788	1.799	1.795	1.797	1.797
4	1.804	1.801	1.796	1.792	1.802	1.803	1.803	1.803	1.800	1.791	1.798	1.802
5	1.805	1.808	1.795	1.786	1.802	1.807	1.807	1.801	1.806	1.791	1.807	1.805
6	1.806	1.800	1.789	1.787	1.809	1.799	1.809	1.807	1.804	1.793	1.804	1.792
7	1.809	1.798	1.797	1.804	1.791	1.807	1.805	1.805	1.806	1.794	1.802	1.798
8	1.807	1.804	1.788	1.803	1.805	1.793	1.802	1.803	1.801	1.791	1.810	1.791
9	1.809	1.801	1.799	1.798	1.808	1.804	1.792	1.799	1.798	1.798	1.796	1.798
10	1.797	1.808	1.803	1.788	1.798	1.793	1.807	1.801	1.805	1.793	1.803	1.793
11	1.794	1.803	1.798	1.805	1.808	1.796	1.802	1.790	1.798	1.798	1.801	1.802
12	1.798	1.801	1.789	1.800	1.797	1.799	1.801	1.798	1.805	1.799	1.798	1.800
13	1.802	1.794	1.798	1.803	1.800	1.793	1.801	1.805	1.798	1.798	1.796	1.797

注: 要求公称药量为 1.795 g

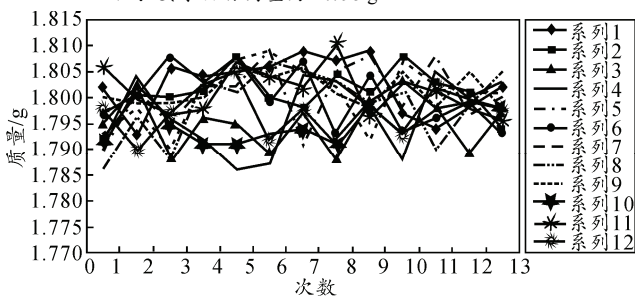


图 4 药量分布折线

针对这些状况的发生, 需要对可能出现装药量不准的弹进行剔除。因此在设备运行开始时, 对刚刚装药的前几十发进行剔除。在设备停机时, 对正在进入计量板进行装药的几发剔除。在检测到药斗中没有发射药之后, 自动停机, 需加满药斗才能继续运行设备, 或者进入结束生产阶段, 把装药弹壳全部剔除, 直到装药药槽中发射药清理干净。通过以上几个操作保证了装药的精确性。部分生产过程

中抽样采集的装药量数据如表 1, 药量分布如图 4。

从表 1 和图 4 可以看出, 所有 12 个工位装药量的总跳差均在±0.02 g 以内, 完全能满足发射药装药工艺的要求。

### 3 药量在线自动检测

由于发射药内存在杂质, 以及发射药自身流散性影响, 可能出现装药通道的堵塞等情况, 会直接影响到装药的精度。根据 PDCA 质量控制原理, 装完药的弹壳需要对药量进行再次检验, 以确保药量的准确性。弹壳内药面深度的高低与药量的多少直接相关, 通过对药面深度的检测从而也就能检测出了药量的多少<sup>[4]</sup>。

药量检测系统采用接触式探头和光纤传感器相结合的方式进行检测, 如图 5 所示, 主要由探药杆、检测块、同步转盘、反射式光纤传感器、光纤高度调节机构组成。

检测系统的具体实现过程为: 当设备运行时, 检测块、探药杆和同步转盘都同时跟随主转轴一起转动, 与此同时探药杆在凸轮的作用下下降, 进入弹壳内部, 接触到药面之后压缩弹簧停止向下运动, 安装在探药杆上的检测块此时的高度则反映出药面深度, 反射式光纤传感器通过检测检测块的高度判断药面深度高低是否合格, 并在之后的药深剔废机构中对检测不合格品进行剔废处理<sup>[5]</sup>。

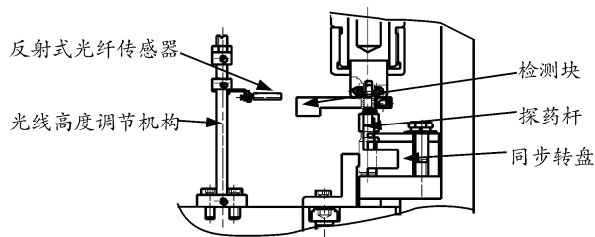


图 5 药量检测系统结构示意图

### 4 结论

转子式装药及药量检测系统设计出来之后, 经过千万发的生产验证, 装药效率最高可以达到 240 发/min, 称量 1.6~1.8 g 左右发射药的装药精度均在±0.02 g 以内, 既实现了装药效率的大幅提升, 又保证了较高的装药精度, 在枪弹装药装配领域是一个重大的技术突破。

### 参考文献:

[1] 王志军, 尹建平. 弹药学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005.

[2] 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, 28(4): 1-4.

[3] 彭旭, 高丰. 基于连续动态旋转结构的枪弹自动装药技术[J]. 兵工自动化, 2010, 29(7): 6-8.

[4] 余海勇. 一种药量在线快速检测的方法[J]. 兵工自动化, 2011, 30(4): 81-82.

[5] 郝建军, 吕威, 余永维. 精密零件边缘检测[J]. 四川兵工学报, 2010, 29(6): 64.

(上接第 81 页)

### 参考文献:

[1] 隋丽, 石庚辰, 穆斌. 引信 MEMS 机构微装配研究[J]. 探测与控制学报, 2008, 30(3): 64-71.

[2] Sin J, Lee W, Popa D, et al. Assembled Fourier transform micro-spectrometer[C]. San Jose: Proceedings of the SPIE -The International Society for Optical Engineering, 2006(6109): 610904.

[3] Dechev, N., W.L. Cleghorn, J.K. Mills. Micro assembly of 3-D microstructures using a compliant, passive micro gripper[J]. Journal of Micro electro mechanical, 2004, 13(2): 176-189.

[4] Wang Lidai. Development of Automated Robotic Microassembly for Three-Dimensional Microsystems[D]. Toronto: Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto, 2009: 1-3.

[5] Dechev, N., et al. Development of a 6 degree of freedom robotic micromanipulator for use in 3D MEMS microassembly[C]. Orlando: In Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. Proceedings 2006 IEEE International Conference, 2006: 281-288.

[6] Montesanti, R.C. Lessons from Building Fusion Ignition Targets with the Precision Robotic Assembly Machine[J].

Fusion Science and Technology, 2011(59): 70-77.

[7] Castro, C. Reconfigurable Assembly Station for Precision Manufacture of Nuclear Fusion Ignition Targets[C]. In ASPE 24th Annual Meeting. 2009: Monterey, CA, United States.

[8] Tsai Rogery. A versatile camera calibration technique for high accuracy 3D machine vision metrology using off-shelf TV camera and lenses[J]. IEEE Journal of Robotics and Automation, 1987, 3(4): 323-344.

[9] Zhang, Z. A Flexible new technique for camera calibration[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(11): 1330-1334.

[10] 孟利波, 金观昌, 姚学峰. DSCM 中摄像机光轴不垂直度引起的误差分析[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2006, 46(11): 1930-1932.

[11] Wang, Q., et al. Automatic partition focusing based perpendicularity adjustment technology for camera optical axis[C]. In Multimedia Technology (ICMT), 2011 International Conference on. 2011: IEEE.

[12] Qiang, W., et al. Directional Sub-pixel Edge Detection Based on Limited Window Local Entropy[C]. In Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2011 International Conference on. 2011: IEEE.