

doi: 10.7690/bgzd.2015.04.027

# 烟花药剂自动混药技术

方浩舟, 张 博, 钟顺金

(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:** 为提高烟花自动生产线中最易出现爆炸的混药工序的安全性及混药质量, 提出滚筒制备发射药、响药的技术。介绍混药机的主要功能, 分析其工作原理和结构, 给出其工艺流程, 列出混药滚筒及有效装载容量的计算方法。结果表明: 该技术能实现烟花药剂的自动混药及出药功能, 保证药剂混合均匀, 配比精确, 实现人机隔离和无人化生产, 达到预期的设计要求, 并已应用于双响炮自动装药装配生产线中。

**关键词:** 混药机; 滚筒; 装载容量; 人机隔离

**中图分类号:** TJ410.5 **文献标志码:** B

## Automated Powder Mixing Technology for Fireworks

Fang Haozhou, Zhang Bo, Zhong Shunjin

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

**Abstract:** Ammunition mixing step in firework automatic assembly line is more easily to exploded, to improve security and quality, put forward technology of manufacturing roller-based propellant and bang powder techniques. Introduce the main function of powder mixer machine, analyze its principle and structure, given its technical process, listed calculation method for the mixer roller and efficient loading. Result shows the given technology can achieve anticipation like automatic powder mixing and output, ensure even and precise proportion, fulfill man-machine isolation and unmanned production, and have applied in the automated charging and assembly line for double voice cracks.

**Keywords:** powder mixer machine; roller; charge capacity; man-machine isolation

### 0 引言

我国生产和燃放烟花爆竹已有上千年的历史。直到现在为止, 发射药和响药的生产一直采用人工混合的生产工艺, 不仅劳动强度大、生产效率低, 而且极易发生爆炸事故, 造成大量人员伤亡和财产损失, 现有的设备及工艺已满足不了大规模生产的要求, 首要问题是科学解决人药混装的问题<sup>[1]</sup>。近年来, 实现自动化生产已成为烟花行业发展趋势。笔者论述了一种适用于烟花药剂混药的新技术, 实现了烟花混药自动混合、出药, 同时能控制混合时间、药剂配比, 显著提高了混药质量。

### 1 混药机的主要功能

混药是烟花生产过程中的关键工序, 也是生产线上最危险的工序, 混药质量的好坏也是影响燃放效果的关键因素。通过对烟花生产企业及现有混药技术的调研, 混药机主要应满足以下功能:

- 1) 实现多种组分均匀按配比自动混合的要求。
- 2) 混合好的成品药能够自动出料。
- 3) 实现人机隔离和混药现场无人化生产。

### 2 混药机的工作原理及结构

混药机结构如图 1 所示。药粉通过自动称量装

置, 将药剂的每种组分按配比进行自动称量, 称量完成后通过输送装置, 倒入上料斗后, 进入混药滚筒内, 通过连续的混制实现药剂的精确配比混合。

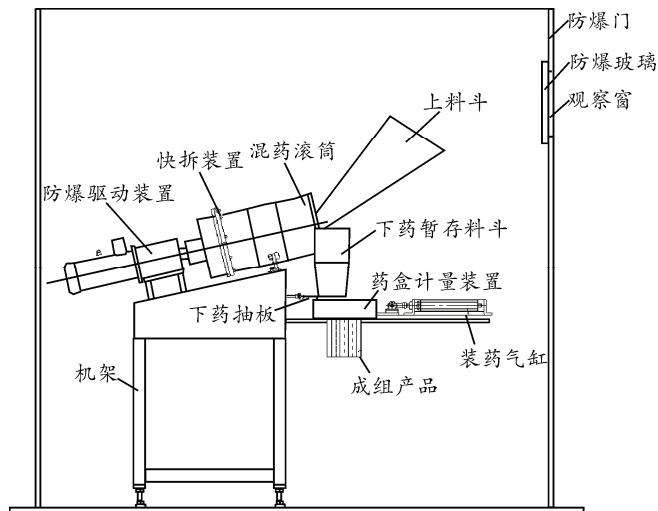


图 1 混药机结构

混药滚筒经由减速器与防爆电机相连, 驱动装置启动后, 药剂在摩擦力的作用下, 随着筒体旋转方向向上运动, 当提升到一定高度后, 药剂由于自身的重力作用又落下来。药剂在随着筒体的旋转而反复提升和下落的过程中被粉碎、混合均匀<sup>[2-3]</sup>。药

收稿日期: 2014-11-28; 修回日期: 2014-12-29

作者简介: 方浩舟(1977—), 男, 浙江人, 工程师, 从事高危自动化设备设计研究。

剂混合的质量是靠反复的试验过程中，优选出混合时间作为控制参数。当达到混合时间后，防爆电机驱动混药滚筒反向旋转，药剂随滚筒螺旋槽流出至药盒计量装置，直至全部倒出，然后由药盒计量装置对成组药筒进行计量装药。混药机采用 PLC 控制器和变频器驱动控制防爆电机转速、旋转时间及正反转。

药剂计量、配料和进料由混药机的前工序设备，以及混药后的装药计量与控制均不在此描述。混药机与其他工序的专机组成完整的烟花生产线。

混药机放置在密闭的防爆间内，并充入惰性气体，实现人机隔离操作。待一批药剂混制完成后再加入由自动称量装置配比好的新药剂进行混制。

### 3 混药机的工艺流程

在防爆间进行的混药工艺流程如图 2 所示。在实际生产过程中，进入料斗的一个批次的药完成混合与装药后，再按图 2 流程开始下一个批次生产。

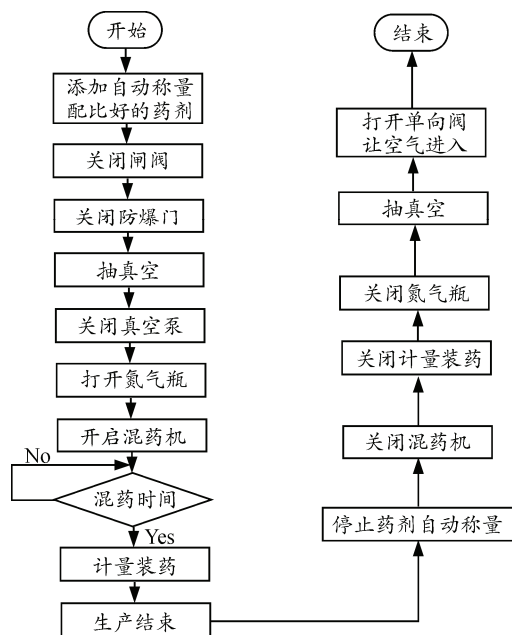


图 2 混药机工艺流程

### 4 混药滚筒及有效装载容量的计算

在整个混药工艺中，混药滚筒是最关键的部件，如何设计好混药滚筒对混药质量、混药时间和药剂残留等将起决定性作用。对混药滚筒的有效装载容积的设计是决定混药滚筒设计的关键所在。

混药滚筒有效装载容量是指混药滚筒的实际最大有效装载容量，它是混药机最主要的性能参数，是计算滚筒几何尺寸、确定滚筒驱动功率和传动系统参数最关键的原始数据，主要取决于生产效率及

防爆等级要求。

斜置角度虽然不是滚筒体本身的几何参数，但它影响着滚筒的有效装载量、工作性能和支承性能等，对其几何参数起制约作用，设计时必须将几何参数与斜置角度联系起来综合考虑。目前斜置角度一般为  $10^\circ \sim 20^\circ$ ，装载容量越小此角越大<sup>[2]</sup>。混药滚筒结构如图 3 所示。

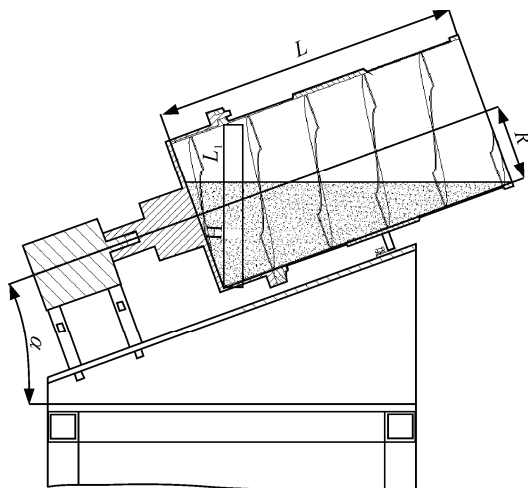


图 3 混药滚筒结构

根据外形尺寸计算几何容积，设滚筒的倾斜角为  $\alpha$ ，滚筒长度为  $L$ ，滚筒内半径为  $R$ ，下尺点至药剂高端的距离为  $L_1$ ，倾斜药剂高为  $H$ ，则滚筒内能储存药剂的体积<sup>[4]</sup>为

$$V = \left[ R^2 \cos^{-1} \frac{R-H_2}{R} - (R-H_2) \sqrt{R^2 - (R-H_2)^2} \right] L$$

$$\text{其中 } H_2 = \frac{H}{\cos \alpha} - 2R \tan^2 \alpha + \left( L_1 - \frac{L}{2} \right) \tan \alpha$$

通过体积和药剂的密度进行计算后，即可算出最大混药重量，根据混药重量确定生产效率及房屋修建标准，当设计药量大于 1 kg 时，抗爆间室的墙及屋盖应采用现浇钢筋混凝土结构，墙厚不宜小于 300 mm<sup>[5]</sup>。同时还可以计算出混药滚筒转动时所需的驱动电机扭矩值。滚筒所用材质为铜，能有效导走静电，并将内壁打磨光滑，减少药剂吸附。

### 5 结束语

烟花药剂自动混药技术解决了混药不均匀、无法自动出药、混药时间不好控制等问题，可以定量、定时混合，并且实现了人机隔离和混药现场的无人化生产，同时生产效率提高了 3 倍以上。通过对 10 000 组成品烟花的抽检燃放测试，升空高度的一致性、燃爆效果均优于手工混药，没有出现哑炮的

情况,合格率达 99.5%。目前,该技术已应用于我所双响炮自动装药装配生产线中。

参考文献:

[1] 蒋国平. 实现“人药分离”是烟花爆竹机械研发的核心要义与终极目标[J]. 湖南安全与防灾, 2010(6): 36-38.

[2] 孙彬, 孙勇飞, 徐诚. 黑火药圆筒混合机的设计原理与

\*\*\*\*\*  
(上接第 91 页)

- 4) 转第 2 步, 读取下一个缺陷训练模式向量。
- 5) 递增  $k$ , 重复第 2 步到第 4 步, 直到网络对于每个缺陷训练模式都能输出希望的结果。

3 实验结果

分类器通常以其误判率作为分类器性能的检验标准。以油污、擦伤、线痕、裂痕、缺口、穿孔这 6 种缺陷共 150 组训练样本进行网络训练, 再用得到的分类器对 50 个未知缺陷样本进行试验, 试验中输入层神经单元数 7 个, 输出层 6 个, 隐层为 1 层, 节点数 9 个, 得到的结果如表 2。可以看出: BP 神经网络算法设计的分类器分割准确率整体比较高, 试验中也尝试取双隐层或更小的节点数来训练样本, 但分类器对分割线痕和裂痕这对特征近似的缺陷时误判率会增加。

表 2 分类结果

| 类别 | 结果 |    |    |    |    |    | 误判率/% |
|----|----|----|----|----|----|----|-------|
|    | 油污 | 擦伤 | 线痕 | 裂痕 | 缺口 | 穿孔 |       |
| 油污 | 5  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 16.67 |
| 擦伤 | 1  | 9  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10    |
| 线痕 | 0  | 0  | 12 | 1  | 0  | 0  | 7.69  |
| 裂痕 | 0  | 0  | 1  | 8  | 0  | 0  | 11.11 |
| 缺口 | 0  | 0  | 0  | 0  | 7  | 0  | 0     |
| 穿孔 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 20    |

\*\*\*\*\*  
(上接第 93 页)

在满足装药小于 2 个长径比的条件下, 优化装药位置, 设计限制  $\max\_stress\_prin \leq 2.71 \text{ MPa}$ , 由图 5 选择设计变量初始值为 40, 终止设计变量为 60 mm, 进行位置参数优化。

计算结果:  $\max\_stress\_prin \ 2.396 \ 0e+00 < 2.710 \ 0e+00$ (满足要求), 模型更新后, 第二冲占有圆柱部长度为 41.172 1 mm, 如图 6 所示。

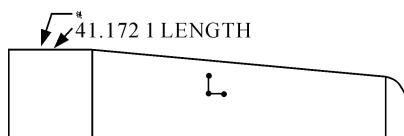


图 6 第二冲装药位置

2 结束语

基于 2D 轴对称模型有限元方法能够获得较高分析精度。通过对实例弹体装药仿真研究, 可以

参数影响[J]. 兵工自动化, 2011, 30(10): 64-65.

[3] 陈新民, 高丰. 双螺杆挤出机连续混合加工浇注 PBX 的安全性分析[J]. 兵工自动化, 2013, 32(1): 64-66.

[4] 田铁军. 倾斜卧式罐直圆筒部分的容积计算[J]. 现代计量测试, 1999(5): 32-36.

[5] 魏新熙. GB 50161-2009 烟花爆竹工程设计安全规范[S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2010.

4 结论

笔者根据弹壳表面缺陷的特点, 建立了缺陷特征数据库。受条件限制, 只采用了 150 组训练样本训练, 实验结果表明, 该方法在枪弹缺陷识别方面具有很好的可行性。由于训练样本的数量会限制神经网络算法的分类性能, 因此, 可通过提高缺陷样本的数量来提高分类器的性能和可识别缺陷种类。

参考文献:

[1] Sergios Theodoridis, Konstantinos Koutroumbas. 模式识别[M]. 4 版. 北京: 电子工业出版社, 2010: 3-6.

[2] 张洪涛. 钢板表面缺陷在线视觉检测系统关键技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.

[3] 彭向前. 产品表面缺陷在线检测方法研究及系统实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.

[4] Rumelhart D. McClelland J. Parallel Distributed Processing [M]. MIT Press, Cambridge, MA, 1986: 318-362.

[5] Hecht-Nielson R. Kolmogorov's mapping neural network existence theorem[C]. In Proceedings of the First IEEE International Conference on Neural Networks, New York, 1987(3): 11-14.

[6] Haykin S. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications[M]. (2nd edition). Prentice Hall, New York, 1998: 145-174.

\*\*\*\*\*  
得出以下结论:

- 1) 可以根据弹体装药的抗拉极限强度, 确定优化冲次位置, 为确定最佳的弹体压药参数提供了可靠的参考;
- 2) 通过数值分析可以了解压装后装药质量, 初步判断缺陷会发生的部位, 为解决装药质量问题提供子技术手段。

参考文献:

[1] 尹建平. 弹药学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2012: 151.

[2] 张洪信, 赵清海, 管毅柱, 等. ANSYS 有限元分析完全自学手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 33.

[3] 魏惠之, 朱鹤松, 汪东晖, 等. 弹丸设计理论[M]. 南京: 南京理工大学, 1995: 160-161.

[4] 金康宁, 谢群丹, 刘宏, 等. 材料力学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006: 174.