

doi: 10.7690/bgzdh.2017.07.013

# 基于延期药的单层与双层连续计量装药技术研究

肖 勇, 许杰淋, 朱 强, 朱全松, 史慧芳

(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:** 目前国内延期药在压制过程中, 存在人机共存、自动化程度不高等现象。针对这些现象, 采用机械式自动定容计量的方法实现自动装药。构建特定容积的单层计量设备和双层计量设备, 选用某厂延期药压制生产线为装置, 以耐水药单次计量装药 50 mg, 延期药单次计量装药 30 mg/25 mg 为条件, 对延期药定容装药的适应性进行真药实验。实验结果表明, 单层计量与双层计量设备对于延期药连续计量装药有较好的适用性和可靠性。

**关键词:** 单层计量板; 双层计量板; 延期药; 装药; 连续计量

**中图分类号:** TJ410.5<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A

## Charge Technique Research of Single Layer and Double Layer Continuous Measurement Based on Delay Composition

Xiao Yong, Xu Jielin, Zhu Qiang, Zhu Quansong, Shi Huifang

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

**Abstract:** At present, the phenomena exists in the pressing includes the delay composition, such as man-machine isolation, low level of automatism and so on, use mechanical automatic constant volume metering method to realize the automatic charging. Establish single layer measure board and double layers measure board specific volume, take factory delay composition charge line as device, based on conditions of single layer measure charging 50 mg water resistance composition and charging delay composition 30 mg/25 mg at one time, carry out test for delay composition constant volume charging adaptability. The test results show that the single layer measure and double layers measure has great adaptability and reliability on delay composition continuous measurement charging.

**Keywords:** single layer measure board; double layers measure board; delay composition; charge; continuous measurement

### 0 引言

延期药是控制炮弹作用的时间元件, 由火帽火焰点燃, 通过延期药的稳定燃烧来控制作用的时间, 以引燃或引爆序列中下一元件<sup>[1]</sup>。延期药相比电子延期和机械延期有着自身的特点和优势, 因此延期药元件广泛应用于航天、导弹、兵器及民品爆破<sup>[2]</sup>。目前延期药延期时间及延期精度主要受到药剂组分、配比、纯度、粒度、混合顺序、药量、装药结构、装填密度、环境温度和压力的影响, 其中药量精确称量是保证延期时间及精度的重要因素之一<sup>[3]</sup>。

现在的延期药称量一般采用人工高精度电子秤或机械天平。这两类设备单次称量比较精确, 但在称量延期药时, 需要在避风的环境下操作, 因为细微的干扰都可以让高精度电子秤和机械天平的读数发生变化; 同时, 人员密集程度高, 劳动强度大也是目前突出的问题。所以, 发展延期药自动称量技术, 是提升生产质量和效率, 减少劳动强度和药物接触的必然需求。近年来, 国内在弹药行业多采用自动连续定容计量方式, 特别是在小口径枪弹发射

药生产线上<sup>[4-6]</sup>。按照定容的结构形式, 其可分为计量板式、球型、勺型等定容称量方式<sup>[7-9]</sup>。笔者借鉴计量板在枪弹小剂量装药的成功经验, 设计了单层计量装药、双层计量装药对延期药装药精度的影响试验, 以研究延期药计量装药的适用性和可靠性, 为实现延期药的自动精确装药打下基础。

### 1 延期药单层及双层计量设备模型设计

延期药的准确计量是实现延期时间及延期精度的基础, 本实验采用特定容积的单层计量设备和双层计量设备对延期药的计量方式及精度进行验证。由于某厂延期药装药量大、次数较多, 为保证实验人员安全, 单程与多层计量实验模型采用等比例缩小的方式设计, 并通过对比 2 种计量设备称量药物的分布情况, 验证计量设备装药的适用性和可靠性。

#### 1.1 小型缩比单层计量设备实验模型构建

目前枪弹装药普遍使用的计量设备主要为单层计量设备, 根据枪弹连续装药的经验, 设计了缩小版的延期药单层计量设备实验机构, 其设备的结构如图 1 所示。

收稿日期: 2017-03-23; 修回日期: 2017-04-29

作者简介: 肖 勇(1989—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事含能材料双螺杆混合装药领域研究。

单层计量设备的计量方式在枪弹行业应用最为广泛，但由于药剂假密度变化的不确定性，使得该设备适用于延期药的计量精度要求有一定的局限。

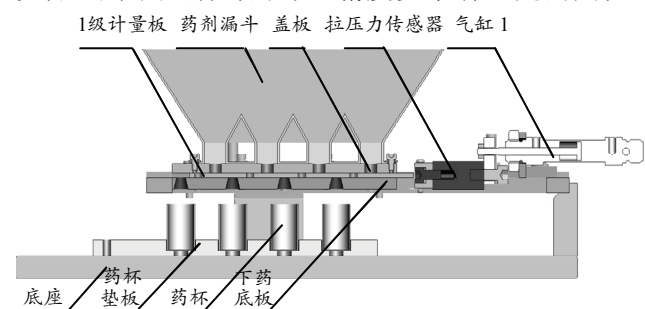


图1 小型缩比单层计量试验设备结构

## 1.2 小型缩比双层计量设备试验模型构建

针对单层计量设备可能存在延期药假密度变化的问题，采用双层计量设备的对延期药进行粗称和精加，减少延期药药量跳动变化。其结构如图2。

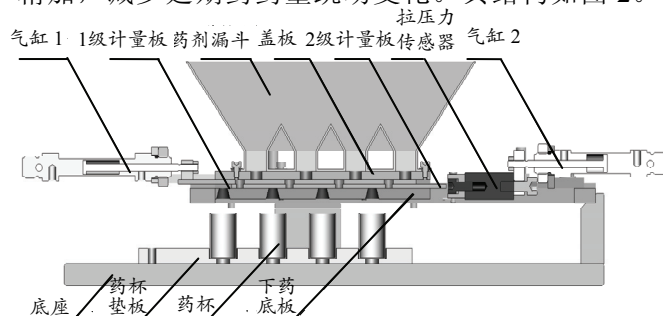
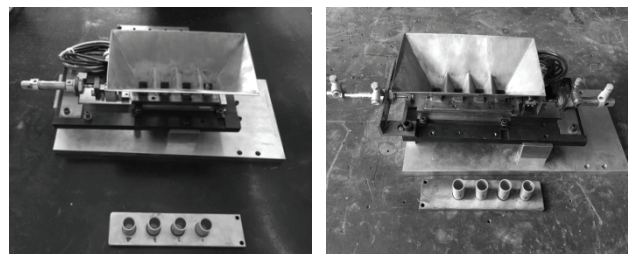


图2 小型缩比双层计量试验设备结构

## 2 实验部分

### 2.1 实验装置和条件

本实验研究针对某厂延期药压制生产线的生产情况，通过缩小单层计量设备和双层计量设备的比例，进行延期药和耐水药的小药量实验。所设计的小型实验设备耐水药单次计量装药 50 mg，延期药单次计量装药为 30 mg/25 mg。小型缩比实验装置如图3所示。



(a) 小型单层计量设备 (b) 小型双层计量设备

图3 小型缩比计量设备实物

### 2.2 实验用主要原材料

某厂延期药及耐水药的相应技术指标如表1。

表1 延期药及耐水药技术指标

××型延期药		××型耐水药	
指标名称	指标值	指标名称	指标值
外观	黑色	外观	红棕色
理论密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.897	理论密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.29
撞击感度/%	≥30	撞击感度/%	≤30
摩擦感度/%	≤30	摩擦感度/%	≤30
堆积密度/(g/cm <sup>3</sup> )	≥0.95	堆积密度/(g/cm <sup>3</sup> )	≥1.56

### 2.3 实验过程

针对某厂××延期药药柱的压制工艺和对各组分药剂的称量要求，验证药剂物性、振动、单双层计量板对实验结果所造成的影响。

实验1：小型单层计量设备耐水药振动装药。

单层计量设备耐水药振动装药实验所采用的计量板为一板四孔两型号，即1、2号孔设计容量为50 mg，2、3号孔设计容量为30 mg，实验条件为振动，实验组数10组，称量方式是人工天平称量，实验目的是验证计量板设计精度、耐水药对单层计量板装药的适应性。

实验2：小型单层计量设备延期药振动装药。

单层计量设备延期药振动装药实验所采用的计量板为一板四孔一型号，即1、2、3、4号孔设计容量为30 mg，实验条件为振动，实验组数10组，称量方式是人工天平称量。实验目的是验证振动对装药量的影响、单层计量板装药精度、延期药对单层计量板装药的适应性。

实验3：小型单层计量设备延期药非振动装药。

单层计量设备延期药振动装药实验所采用的计量板为一板四孔一型号，即1、2、3、4号孔设计容量为30 mg，实验条件为非振动，实验组数10组，称量方式是人工天平称量。实验目的是验证非振动情况下单层计量板装药精度、延期药对单层计量板装药的适应性。

实验4：小型双层计量设备延期药非振动装药。

单层计量设备延期药振动装药实验所采用的计量板为一板四孔一型号，即1、2、3、4号孔设计容量为25 mg，实验条件为非振动，实验组数10组，称量方式是人工天平称量。实验目的是验证双层计量板对装药量的影响、双层计量板装药精度、延期药对双层计量板装药的适应性。

### 2.4 试验结果与分析

#### 2.4.1 小型单层计量设备耐水药振动装药

单层计量设备耐水药振动装药实验所得的测试数据如表2，根据所得的测试数据，进行正态分布计算，50 mg耐水药单层计量正态分布如图4，30 mg耐水药单层计量正态分布如图5。其中：频率1意义

为在 1 号孔在对应称量区间内称量的样品个数；正态分布曲线 1 意义为 1 号孔药剂质量的正态分布。

表 2 耐水药单层计量设备 1#实验测试数据(振动) mg

实验组数	1号孔	2号孔	3号孔	4号孔
	50	50	30	30
1	52.0	54.0	30.0	29.5
2	52.5	52.5	30.0	30.5
3	51.5	54.5	29.5	29.5
4	55.0	54.0	31.0	30.5
5	51.5	52.0	30.5	29.0
6	54.5	51.5	30.5	30.0
7	52.5	52.5	30.5	30.5
8	52.5	54.0	31.0	31.0
9	54.0	51.5	30.0	31.5
10	53.0	52.0	30.5	30.5
测量平均值	52.90	52.85	30.35	30.25

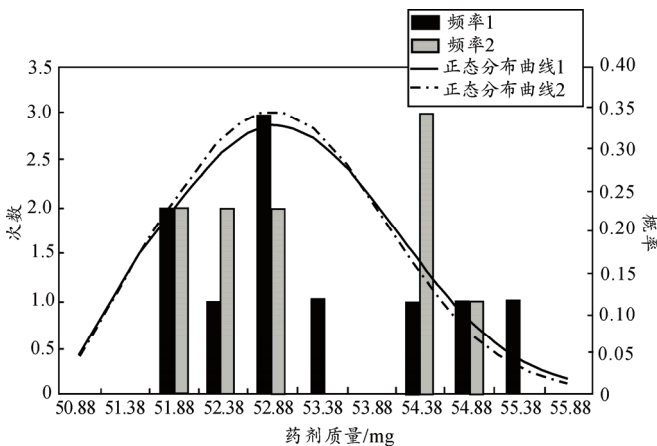


图 4 50 mg 耐水药单层计量正态分布

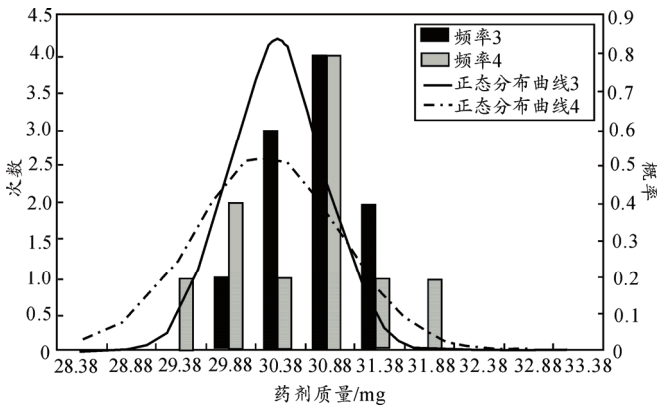


图 5 30 mg 耐水药单层计量正态分布

由以上数据所得：耐水药 50 mm 的正态期望值  $\sigma_1=1.22$ 、 $\sigma_2=1.16$ ，则 95% 的置信区间为  $M_1=(52.9\pm 2.39)$  mg、 $M_2=(52.85\pm 2.27)$  mg；耐水药 30 mm 的正态期望值  $\sigma_3=0.474$ 、 $\sigma_4=0.755$ ，则 95% 的置信区间为  $M_3=(30.35\pm 0.93)$  mg、 $M_4=(30.25\pm 1.48)$  mg。

2.4.2 小型单层计量设备延期药振动装药

单层计量设备延期药振动装药实验所得的测试数据如表 3 所示，并根据所得的测试数据，进行正态分布计算。30 mg 耐水药单层振动计量正态分布

如图 6 所示。

表 3 延期药单层计量设备 2#实验测试数据(振动) mg

实验组数	1号孔	2号孔	3号孔	4号孔
	30	30	30	30
1	39.0	38.0	37.0	36.5
2	39.5	38.0	37.0	35.5
3	36.5	37.5	35.0	35.5
4	37.5	37.0	37.0	36.0
5	38.5	39.0	35.5	37.5
6	38.5	38.5	36.0	37.0
7	38.5	37.5	36.0	37.5
8	37.5	37.5	35.0	36.5
9	38.0	37.5	36.0	36.0
10	38.0	38.5	38.5	36.0
测量平均值	38.15	37.90	36.30	36.40

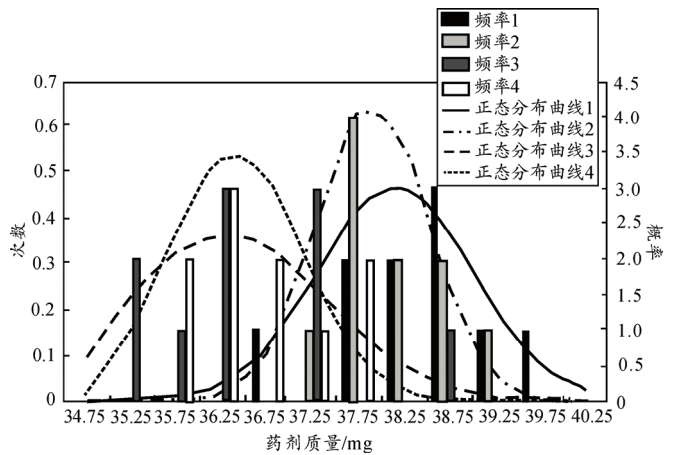


图 6 30 mg 延期药单层振动计量正态分布

由图 6 及表 3 所得：耐水药 30 mm 的 1~4 号孔的正态期望值  $\sigma_1=0.85$ 、 $\sigma_2=0.61$ 、 $\sigma_3=1.08$ 、 $\sigma_4=0.74$ ，则 95% 的置信区间为  $M_1=(38.15\pm 1.66)$  mg、 $M_2=(37.9\pm 1.20)$  mg、 $M_3=(36.3\pm 2.11)$  mg、 $M_4=(36.4\pm 1.45)$  mg。

2.4.3 小型单层计量设备延期药非振动装药

单层计量设备延期药非振动装药实验所得的测试数据如表 4 所示，并根据所得的测试数据，进行正态分布计算。30 mg 耐水药单层振动计量正态分布如图 7 所示。

表 4 延期药单层计量设备 2#实验测试数据(非振动) mg

实验组数	1号孔	2号孔	3号孔	4号孔
	30	30	30	30
1	32.5	32.0	30.0	29.0
2	32.0	31.0	29.5	31.0
3	31.5	31.5	31.0	30.5
4	32.0	31.5	31.0	30.0
5	31.5	31.5	31.0	30.0
6	31.0	31.5	30.5	31.0
7	31.5	32.0	31.0	31.0
8	31.5	31.5	30.5	30.5
9	31.5	31.0	29.5	31.0
10	31.0	31.5	30.5	30.5
测量平均值	31.60	31.50	30.45	30.45

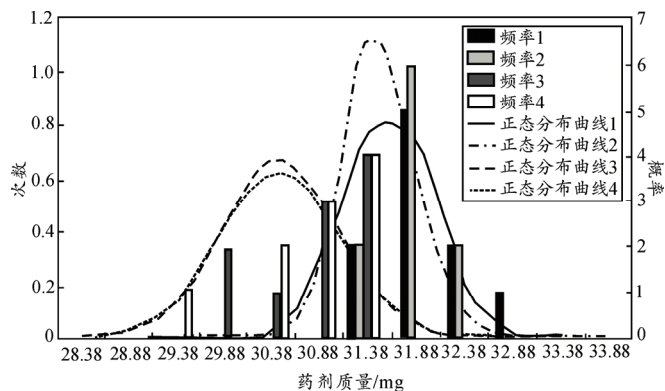


图7 30 mg 延期药单层非振动计量正态分布

由图7及表4所得：耐水药30 mm的1~4号孔的正态期望值  $\sigma_1=0.46$ 、 $\sigma_2=0.33$ 、 $\sigma_3=0.60$ 、 $\sigma_4=0.64$ ，则95%的置信区间为  $M_1=(31.6\pm 0.90)$  mg、 $M_2=(31.5\pm 0.65)$  mg、 $M_3=(30.45\pm 1.18)$  mg、 $M_4=(30.45\pm 1.25)$  mg。

#### 2.4.4 小型双层计量设备延期药计量装药

双层计量设备延期药非振动装药实验所得的测试数据如表5所示，并根据所得的测试数据，进行正态分布计算。30 mg耐水药单层振动计量正态分布如图8所示。

表5 延期药双层计量设备3#实验测试数据(非振动) mg

实验组数	1号孔	2号孔	3号孔	4号孔
	25	25	25	25
1	24.0	24.0	24.5	24.0
2	23.5	24.0	24.0	23.5
3	24.0	23.5	24.0	23.0
4	23.0	22.0	24.0	23.5
5	23.0	23.0	24.0	24.0
6	24.0	23.5	23.0	24.0
7	25.0	24.5	24.0	23.5
8	24.0	24.0	24.0	23.5
9	24.0	25.0	24.0	23.0
10	24.0	23.0	23.0	23.0
11	23.0	24.0	24.0	24.0
12	23.0	24.0	24.5	25.0
13	24.0	23.0	24.0	24.0
14	23.0	24.5	25.0	24.0
15	24.0	24.0	23.0	24.0
测量平均值	23.70	23.73	23.93	23.70

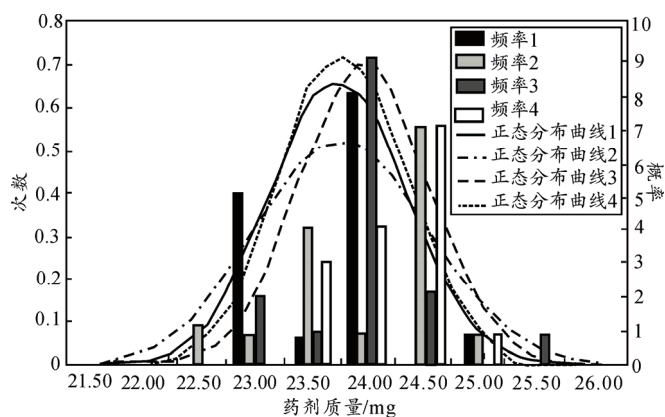


图8 25 mg 延期药双层非振动计量正态分布

由图8及表5所得：耐水药30 mm的1~4号

孔的正态期望值  $\sigma_1=0.59$ 、 $\sigma_2=0.75$ 、 $\sigma_3=0.56$ 、 $\sigma_4=0.53$ ，则95%的置信区间为  $M_1=(23.7\pm 1.16)$  mg、 $M_2=(23.73\pm 1.47)$  mg、 $M_3=(23.9\pm 1.10)$  mg、 $M_4=(23.7\pm 1.04)$  mg。

### 3 结束语

通过在振动/非振动实验条件下，采用小型缩比单层计量和双层计量实验设备对耐水药/延期药进行计量装药，以验证耐水药/延期药采用计量板计量方式的适用性和可靠性，通过对比分析各组数据及计算结果，可以得出以下结论：

1) 采用振动条件下的计量板给料，振动频率、振动幅度、药剂密度变化、人工操作对计量板的给料精度影响较大。

2) 计量板孔径的机加精度决定了药剂的给料精度，因此采用容积可调式计量板能够更好地解决由机加或装置结构造成的容积误差，使计量板具有较好的柔性。

3) 采用小型缩比的单程计量和双层计量试验设备，对小剂量延期药装药精度可控在3%~5%，且单层计量板与双层计量在延期药非振动情况下一致性较好，可以满足延期药装药的要求。

4) 双层计量设备相对于单层计量设备在给料精度上具有较好的一致性，说明双层计量设备对于耐水药计量装药，其稳定性与可靠性更佳，在选择计量方式时可优先选择双层计量的方式。

### 参考文献：

- [1] 赵伟, 王成. 火工品失效模式[J]. 四川兵工学报, 2010(7): 14-16.
- [2] 李慧琴, 成一, 姜显光, 等. 湿法压药对 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药延期精度的影响[J]. 含能材料, 2006(1): 42-44.
- [3] 张芳, 刘媛媛. 浅析延期药延期精度的影响因素[J]. 广东化工, 2014, 41(16): 120-121.
- [4] 黄权, 史慧芳. 小口径弹发射药自动装药技术与发展趋势[J]. 兵工自动化, 2013, 32(1): 79-80.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 朱全松, 吴斌. 针刺雷管自动装配生产线[J]. 兵工自动化, 2010, 29(1): 87-88.
- [8] 金丰护, 刘彬, 王璐. 钢芯自动双发装压药技术[J]. 兵工自动化, 2011, 30(5): 80-83.
- [9] 李作武, 彭旭. 粉末压柱药的自动装压技术[J]. 兵工自动化, 2007, 26(3): 22-23.