

doi: 10.7690/bgzd.2016.02.020

微量药剂称量技术的应用及研究

童卓, 熊长江

(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: 针对某药柱压制设备称药装置中存在的微量药剂精度要求问题, 介绍一种直线振动送料器与伺服螺旋加料相结合的微量药剂称量技术。描述某自动药柱压制设备的机械机构和控制系统的基本组成, 突出螺旋加料的结构设计特点、闭环称量控制技术及提前量预估技术, 得出应用结果并进行分析。应用结果表明: 该微量药剂称量技术能保证称量精度在 ± 1 mg 以内, 满足设备的称量要求, 且具有自动化程度高、安全可靠和操作方便等优点, 可推广应用于其他同类称量设备中。

关键词: 勺形; 螺旋加料; 闭环称量; 预估技术

中图分类号: TJ410.5 **文献标志码:** A

Application and Study of Trace Chemical Weighing Technology

Tong Zhuo, Xiong Changjiang

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

Abstract: Aiming at the requirements of micro amount medicament accuracy of weighting device in certain type grain pressing device, introduce a micro amount medicament weighting technology which combined linear vibration feeder with servo spiral feeding. Describe the component of mechanical structure and control system of certain type auto grain pressing device. Emphasis on structure design feature of spiral feeding, close loop weighing technology and initial lead forecasting technology, acquire application results and carry out analyzing. The application results show: the micro amount medicament weighting technology can ensure accuracy of weighing in ± 1 mg, meet equipment weighing requirements, and has a high degree of automation, safe and reliable, and the advantages of convenient operation, can be applied in other similar weighing equipment.

Keywords: spoon; spiral feeding; closed loop weighing; forecast technology

0 引言

在弹药装配设备中, 药柱压制成型很常见。在药柱压制前必须先对药剂进行称量, 药量的多少将直接影响到最终的使用效果, 尤其是特殊药类, 由于总量少、价格高, 对精度的控制非常重要。

笔者介绍的药柱压制设备称药总量在 100~200 mg, 精度要求在 ± 1 mg 以内, 在轻量称装药中精度要求很高。随着工业设备的快速发展, 用于称量的电子天平能满足于 100~200 mg 称量, 精度在 ± 1 mg 以内。传统的称药方式都是通过人工利用电子天平来完成, 但是操作人员的手、眼长时间处于高强度状态时容易疲劳, 精度要求越高, 效率反而越低。

随着自动化称量在弹药装配设备中的发展壮大, 高效高精度的自动称量技术必然会取代人工称量^[1]。根据不同的药剂种类、质量和精度要求, 对自动化设备采用的称量方式也不同。对于称药精度

要求不高、流散性好、密度均匀的药, 通常采用计量板或勺形定容的方式就能满足称量要求^[2]; 但是对于称药总量较少、精度要求高、流散性不好或颗粒大小不均匀的药剂, 在以往的自动称量设备中并无成熟的称量技术。基于此, 笔者根据药剂属性和工艺技术要求, 引入一种高精度自动称量技术, 将振动器粗加与伺服精加相结合, 应用电子天平与 PLC 实时数据闭环, 并运用多段调速及提前量预估等方式, 很好地实现了此类药柱压制设备中的自动称药, 能将称量精度提高到 ± 1 mg 以内。设备采用的元件均为防爆型或本安型, 且安装防爆罩, 操作时人机隔离。整体设备具有安全可靠、操作方便和自动化程度高等特点。

1 组成结构

本药柱压制设备的称量部分主要由机械结构和控制系统组成。机械结构由粗加振药装置、伺服螺旋精加装置、电子天平和接料装置等组成。其结构

收稿日期: 2015-10-26; 修回日期: 2015-12-03

作者简介: 童卓(1979—), 男, 四川人, 工程师, 从事自动控制方面研究。

示意如图 1 所示。

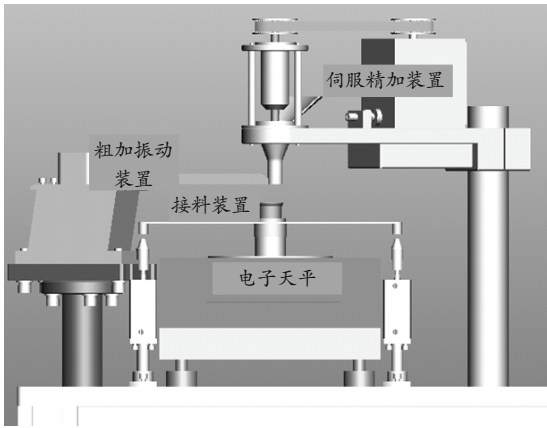


图 1 药柱称量装置机械结构示意图

控制部分主要由振动送料器、触摸屏、PLC 控制器、伺服电机及气缸等组成，其组成示意如图 2。

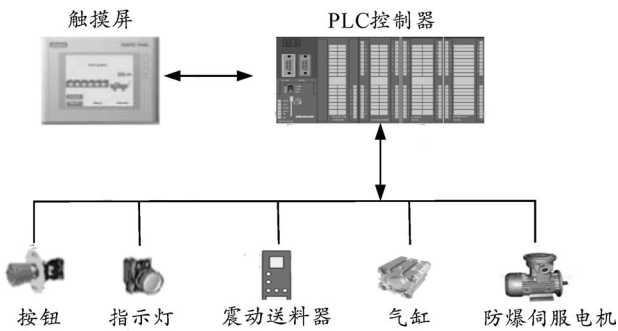


图 2 药柱称量装置控制系统示意图

2 工作过程

该药柱压制设备中，称量系统的粗加容器和精加容器需要人工预装药，预装 1 次可以压制近百发药柱，预装完成后，通过防爆触摸屏实现称装药启动，称量系统进行粗加药，然后精加药，最后装药至称装结束。其工作流程如图 3 所示。

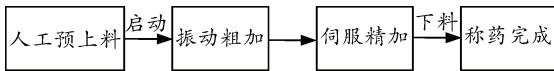


图 3 药柱称量装置工作过程示意图

3 研究内容

高精度自动称量技术主要研究轻量称装药中如何在快速称量的同时保证称量精度。研究的主要内容如下：

1) 称量装置的组成模式选取。

自动称装药中，常采用的称药方式有计量板和勺形定容称量，针对形状规则、密度均匀的药剂称量时较为实用，且高效快捷；但是对于密度不均匀，形状差异较大的药剂称量时，很难保证精度。有的

设备用到电子天平、电子秤和称重传感器等^[3]，但是为其供料的结构还不成熟，仍然存在下药量不稳定、滞空药量可控性不高的问题，往往难以保证最后的称量精度；因此，针对不同药剂及称量要求，选择恰当的称量方式是首要考虑的问题。文中某药柱压制设备要求称药总量不超过 200 mg，精度在 ±1 mg 以内，药剂形状不均匀，如果用计量板等定容称量会受到密度和浮药的影响；因此，笔者特选用高精度电子天平为主要称量元件，采用快加和精加相结合的方式，快加使用振动送料器直线送料，设计恰当的直线滑槽长度和锥度来保证快速均匀的粗加料；精加料采用高精度伺服电机带动螺杆旋转下料，其中伺服速度的控制和螺杆的形状是精加的关键。整体机构如图 1 所示。

2) 采用的控制方式选取。

有了以上元件的选取和结构的设计，还必须要有可靠的控制方式才能解决在粗加和精加过程出现的时滞及密度不均匀带来的称量影响。常见的时滞体现在电子天平的反应时间、数据传递及处理的时间和药剂滞空的时间上^[4]。该称量机构采用扫描及数据处理时间高的 PLC 与高精度、高速响应的电子天平交互数据，实时闭环控制，并通过提前量预估、多速度快慢结合的方式来完成。

4 关键技术

高精度自动称量技术中主要采用了电子天平粗加及精加过程中的闭环控制技术，在称量过程中为避免时滞使用的提前量预估技术^[5]。

1) 闭环控制技术。

通过电子天平与 PLC 之间实时数据交互，用电子天平的检测反馈值与粗加药、精加药的预设值形成闭环，来限定粗加和精加的执行动作。称量闭环控制如图 4 所示。

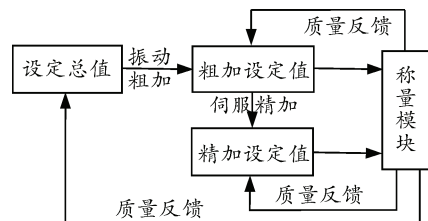


图 4 称量闭环控制示意图

2) 提前量预估控制技术。

称量过程中电子天平的反应时间、数据传递及处理的时间和药剂滞空的时间会影响精加和粗加停止执行的判断，这就需要对以上时间进行计算，并

预估在此时间范围内粗加和精加的下药量，从而设定提前量。由于密度对下药量的运算会带来一定的影响；所以笔者对下药量存在一定范围内的估计值，根据药剂筛选、提前减速及用平均流量求预设提前停止量等方式来保证理论值与实际值偏差在精度要求范围内。

预估的基本原理为：根据粗加和精加过程实时检测的称重值，对加药过程的测试时间 T_c 内加药量 W_t 进行测算，并据此计算出减速提前量和停止加药提前量。

根据质量 W 与药剂流量 $f(t)$ 的关系如下：

$$w_t = \int_0^{T_i} f(t) dt = W_{T_i} - W_0 \quad (1)$$

加药过程的实时平均流量 F 为

$$F = \frac{W_{T_i} - W_0}{T_i} \quad (2)$$

如果在当前时刻停止加药，则现在的实际质量值 W 等于当前测得值 W_{T_0} 与滞后时间 T_{DROP} 内的药剂剂量 W_{DROP} 之和，则为

$$W = W_{T_0} + W_{\text{DROP}} = W_{T_0} + \int_0^{T_{\text{DROP}}} f(t) dt \approx W_{T_0} + F \times T_{\text{DROP}} = W_{T_0} + \frac{W_{T_i} - W_0}{T_i} \times T_{\text{DROP}} \quad (3)$$

理论上，假定设置的质量值为 W_{SET} ，那么必须停止加药的实测值为

$$W_{T_0} = W_{\text{SET}} - \frac{W_{T_i} - W_0}{T_i} \times T_{\text{DROP}} \quad (4)$$

5 应用结果与分析

实际应用中，分别以 100、150 mg 为总量，进行 100 次称重，记录数据。分析结果表明：采用高精度称量技术的某药柱压制设备称量装置的称量精度在 ± 1 mg 以内，满足且高于技术要求。实测数据柱状图如图 5、图 6 所示。

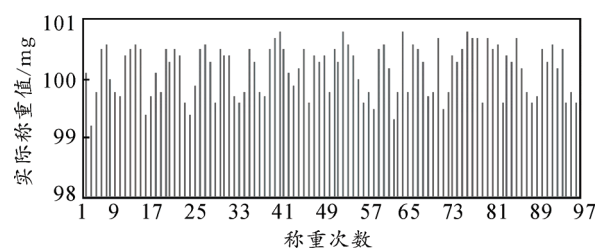


图 5 称重 100 mg 的实际测量数据

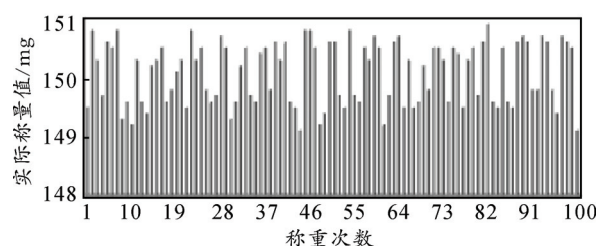


图 6 称重 150 mg 的实际测量数据

6 结束语

笔者运用闭环称量，提前量预估，多段减速及粗、精加结合的方式，实现了某药柱压制设备药剂的称量。实际应用结果表明：该高精度称量技术能满足某药柱压制设备称药的技术要求，提高了精度指标，并具有安全可靠、操作方便、自动化程度高等优点，可推广应用于其他同类称量系统中。

参考文献：

- [1] 张根生. 装药工艺技术及其自动化[C]. 绵阳：国防科技工业弹药自动装药技术研究应用中心，2014：172-176.
- [2] 张博，刘锡朋，雷林. 称重传感器精确标定研究[J]. 兵工自动化，2014，33(7)：89-96.
- [3] 孙阳，孟凡军，高君，等. 球注法装药的与注装法装药的工艺特性[J]. 兵工自动化，2013，32(1)：75-78.
- [4] 严中清，韩银泉. 西门子FTA称重模块在定量加药系统中的应用[J]. 兵工自动化，2011，30(1)：85-86.
- [5] 胡春梅，陈静. 用于动态称重的模型参数估计方法[J]. 自动化仪表，2005，20(4)：23-25.