

doi: 10.7690/bgzdh.2016.12.009

## 催泪药剂自动称量技术及装置

柳 凯<sup>1</sup>, 史慧芳<sup>2</sup>, 熊 均<sup>1</sup>, 林 奎<sup>1</sup>, 石义官<sup>2</sup>

(1. 湖北汉丹机电有限公司设备部, 湖北 襄阳 441000;

2. 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:** 为实现催泪药剂生产与制造过程的自动化、无人化和安全化, 在考虑催泪药剂本身物料特性的基础上, 设计一种催泪药剂自动称量装置和控制系统。介绍自动称量装置结构设计及称量装置工作原理, 研究控制系统的设计及控制算法, 并进行称量试验。试验结果表明: 该系统满足催泪药剂称量的精度要求, 能实现快速、自动化称量。

**关键词:** 催泪药剂称量; 称量装置; 称量算法

**中图分类号:** TJ410.5 **文献标志码:** A

## Automatic Weighing Technology and Equipment of Lacrimatory Agent

Liu Kai<sup>1</sup>, Shi Huifang<sup>2</sup>, Xiong Jun<sup>1</sup>, Lin Kui<sup>1</sup>, Shi Yiguan<sup>2</sup>

(1. Equipment Department, Hubei Handan Mechatronics Co., Ltd., Xiangyang 441000, China; 2. Center of Ammunition Charging, Automation Research Institute of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** For realizing automatic, unmanned and safety producing and manufacturing of lacrimatory agent, based on considering material characteristics of lacrimatory, design the lacrimatory agent automatic weighting equipment and control system. Introduce automatic weighting equipment structure design and working principle, research control system design and control algorithm, and carry out weighting test. The test results show that the system can satisfy the accuracy requirements of lacrimatory agent weighing, and realize fast and automatic weighting.

**Keywords:** lacrimatory agent weighing; weighing device; weighing algorithm

### 0 引言

催泪弹作为一种有效的驱逐性、制服性的防暴装备<sup>[1]</sup>, 被广泛应用于大规模群体性突发事件和防暴场合中<sup>[2]</sup>, 被我国武警部队等广泛列装<sup>[3]</sup>。作为催泪弹生产中的核心工序, 催泪药剂装药缺乏先进装药技术支撑和催泪药剂<sup>[4]</sup>装药本身的有毒有害性, 国内催泪药柱生产企业仍采用手工加单机的操作模式。这种模式存在以下问题: 由于生产效率低, 产品一致性差, 难以满足催泪弹快速、小批量、多批次的生产要求, 无法实现快速变批响应、小批量柔性化生产和新品开发等能力; 由于催泪药剂本身的有毒有害性, 生产过程严重影响工人的健康, 满足不了职业健康的要求; 催泪弹主装药生产现场人员众多, 满足不了危险品生产定员定量要求, 达不到安全生产要求<sup>[5]</sup>。为此, 必须要突破催泪弹主装药自动装药技术和相关装备, 实现其生产与制造过程的自动化、无人化和安全化。

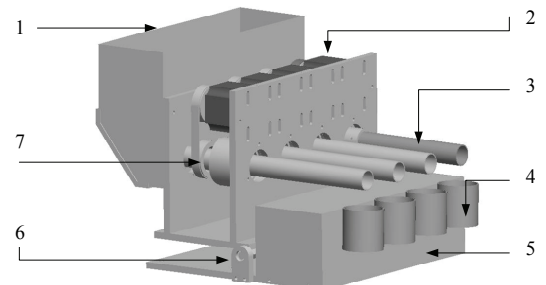
由于催泪药剂本身粘性高、流散性较差, 其自动化称量是实现催泪弹主装药柱生产自动化的瓶颈问题, 目前, 国内外还未有相关文献资料公开<sup>[6-8]</sup>。为实现催泪药剂的自动化称量, 提高从业人员的职

业健康安全度, 笔者对催泪药剂自动称量展开研究。

### 1 称量装置及工作原理

#### 1.1 装置结构设计

如图 1 所示, 催泪药剂称量装置由料斗、步进电机、滚筒、称量料杯、荷重传感器、机架转轴、驱动带轮组成。转筒一端在料筒里, 另一端在称量料杯上, 便于下料。转筒通过步进电机与驱动带轮驱动。称量料杯安装在荷重传感器上, 称量料杯侧安装有电机, 用于将称量好的催泪药剂下料。料斗与转筒根据催泪药剂的物料特性绕机架转轴转动, 转筒角度随之发生变动有助于其下料。



1. 料斗; 2. 步进电机; 3. 滚筒; 4. 称量料杯; 5. 荷重传感器;  
6. 机架转轴; 7. 驱动带轮。

图 1 转筒式催泪药剂称量装置

收稿日期: 2016-09-15; 修回日期: 2016-10-28

作者简介: 柳 凯(1983—), 男, 湖北人, 本科, 工程师, 从事工艺与实验研究。

## 1.2 称量装置工作原理

催泪药剂称量装置工作原理为：人工向料斗中填满催泪剂，转筒在步进电机的驱动下向称量料杯中加料，荷重传感器实时在线计量料杯中的药量。自动加料采用粗-精二级给料，其工作过程：当控制器开始运行，催泪药剂从备料斗落入计量药斗，计量药斗的质量被控制器实时测量。控制器根据当前催泪药剂的质量，控制备料斗按粗、精 2 个速度依次向计量药斗投料，具体过程如下：

1) 当催泪药剂质量远小于系统设定的目标质量的 90% 时，快速给料。

2) 当催泪药剂质量大于目标质量 90% 时，慢速下料以保证精度。

3) 当物料达到目标质量，立刻关闭投料。因为空中还有一部分催泪药剂的质量，以及执行机构电磁阀有延时，一般需要一个提前关闭的落差量，即对加药时间进行预估。

其理想状态给料曲线如图 2 所示，大、中投量决定称量的速度，小投量决定称量的精度。

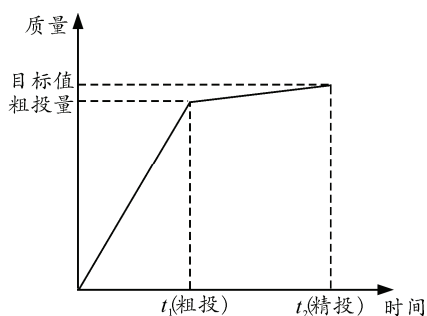


图 2 理想状态给料曲线

## 2 控制系统研究

### 2.1 控制系统设计

催泪药剂控制系统采用 PLC 实时控制系统，既能实现实时测量、控制药剂质量功能，又能满足可靠性高、生产间断少的需求。采用西门子触摸屏进行人机交互，实现参数设置、报警显示、设备控制和工况显示等功能。采用防爆电机、气缸作为现场执行机构，通过磁环开关、光纤传感器、重量传感器等测量设备作为实时测量监控传感器。控制系统结构如图 3 所示。

### 2.2 控制算法研究

催泪药剂称重系统属于在线测量，控制器测量的催泪药剂质量是在不断变化的。在实际称重过程中，料斗振动、冲击等随机噪声往往会对称重精度

造成很大影响。在这种非线性系统中，建立的动态称重数学模型会与现实有一些偏差，使得实现校正环节比较困难，同时其阻尼比也是不断变化的，这样校正或配置极点的方法也难以实施。要完成定量的催泪药剂称量任务，必须快速准确地测量料杯中的催泪药剂质量，及时控制转筒的转动启停，并且预估已通过转筒，尚未落到称重传感器上而处于空中的那部分催泪药剂质量<sup>[9]</sup>。

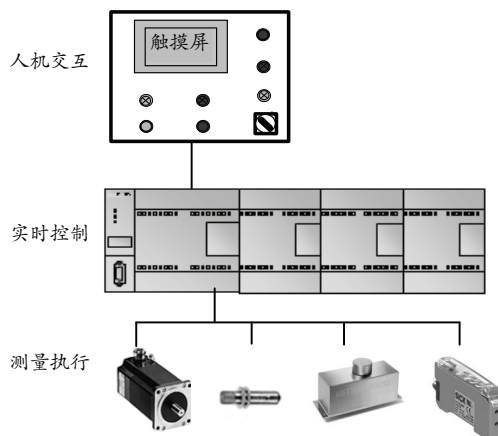


图 3 控制系统结构

催泪药剂动态称重系统如图 4 所示。

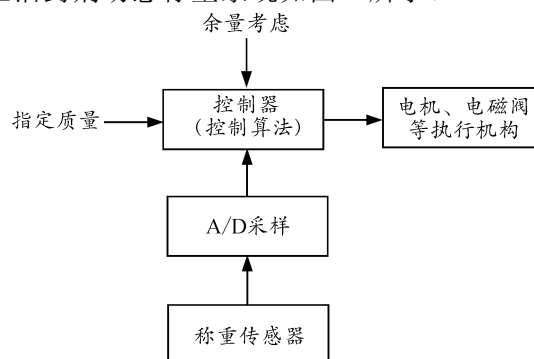


图 4 催泪药剂动态称重系统框图

算法流程设计为：当动态称重开始后，电机快速旋转，进行快速加料；当动态称重达到设定值的 90% 后，降低电机转速，进行慢速加料。考虑空中尚有部分药粒，根据电机转速估算空中药粒质量，当传感器检测质量加上估算质量达到设定值后停止电机旋转，并在空中药粒完全掉下后，再次称重，将不满足精度要求的药剂进行剔除。

流程如图 5 所示。

## 3 称量试验

在常温条件下，称量 18.00 g 的粒状催泪药剂，按照系统 1 次/s 采集的称重控制器质量，其单次称量的催泪药剂质量曲线如图 6 所示。

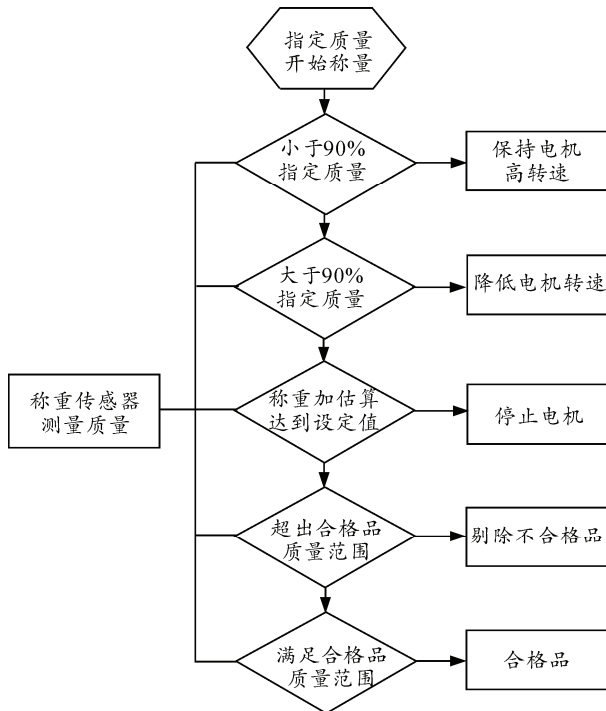


图 5 催泪药剂动态称重算法设计流程

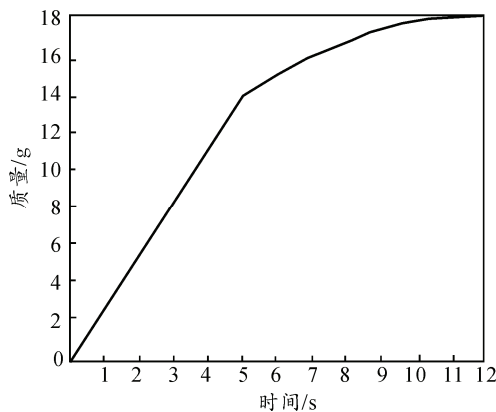


图 6 单次称量质量曲线

经过 200 次催泪药剂称量试验，从结果中随机抽取 50 发已称量的催泪药剂，在经过校准的精度为 0.001 g 电子天平上，重新称量并记录质量数据，其称量结果取样柱状对比如图 7 所示。

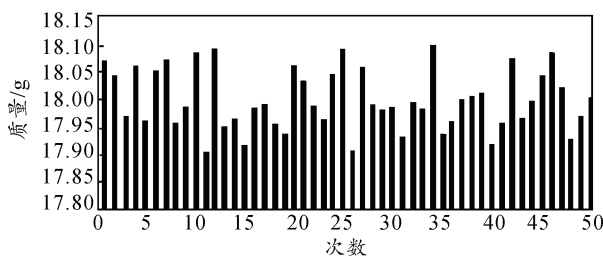


图 7 称量结果取样对比

从以上实验数据中得出，图 7 中的单次催泪药

剂质量曲线与图 2 中的理想给料曲线十分逼近，且称量的催泪药剂质量全都稳定在(18.00±0.20) g 范围内，满足高精度称量的要求。造成波动的原因主要是由称量过程中滞空催泪药剂以及催泪药剂下落的高度差所引起的<sup>[10]</sup>。首先，在进料过程中，催泪药剂从给料滚筒下落到料斗里，只有到达料斗里的那部分才能被称重传感器检测到，而空中的余料是检测不到的，但当排料口打开后，最终得到的催泪药剂实际质量却包括滞空的催泪药剂；其次，催泪药剂下落的高度差由于机械结构是固定的，物料下落的高度随着物料在料斗里的堆积而逐渐减少，造成催泪药剂下落的冲击力产生变化；同时，催泪药剂给料速度与下落高度差变化具有不稳定因素，不能完全精确控制，只能通过称重信号处理算法与给料控制算法逼近真实称量过程。

### 4 结果

笔者分析了催泪药剂称量的自动化、安全化需求，结合催泪药剂物料特性，设计称量装置和控制系統，介绍装置的工作原理及称量的算法，并进行了称量实验，证明了系统的原理和控制算法的可靠性。大量实验结果表明：该装置满足催泪药剂称量的精度要求，能够实现催泪药剂的自动化快速称量。

### 参考文献：

- [1] 魏庆, 齐季. 各种各样的催泪弹[J]. 百科知识, 2010(3): 48.
- [2] 曲鹏豪, 王丽娜. 国内外催泪弹发展历程及现状[J]. 化工管理, 2014(35): 34.
- [3] 杨建辉, 王静波. 我国防化部队非致命武器: 爆炸/燃烧型催泪弹[J]. 轻兵器, 2015(3): 24-27.
- [4] 姚丽娟, 刘娟, 李先强. 催泪弹中有效成分分析方法的研究[J]. 中国刑警学院学报, 2005(4): 55-56.
- [5] 方浩舟, 张博, 钟顺金. 烟花药剂自动混药技术[J]. 兵工自动化, 2015, 34(4): 94-96.
- [6] 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.
- [7] 朱珠, 张博, 刘彬. 发射药自动称量技术对比及发展分析[J]. 机械与电子, 2015(4): 75-78.
- [8] 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.
- [9] 孔淼, 彭旭, 晏希. 高速动态称重技术在小口径枪弹自动生产中的应用[J]. 四川兵工学报, 2015, 36(5): 106-108.
- [10] 杨磊, 尹溶森. 一种带电压波动动态补偿的称重系统研究[J]. 机电工程, 2014, 31(10): 1296-1300.