

doi: 10.7690/bgzdh.2021.07.011

## 基于电子颗粒计数机的发射药自动称装技术

袁国文<sup>1</sup>, 康林<sup>2</sup>, 虞波<sup>1</sup>, 胡翔<sup>1</sup>

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000;  
2. 陆装驻广元地区军代室, 四川 广元 628000)

**摘要:** 为使发射药自动称装设备满足高精度、快进且经济的要求, 引入在制药行业内应用时期较早、技术成熟的电子颗粒计数器作为发射药精加药, 配合效率较高的皮带秤作为粗称药的方式, 组合成一种高效、高精度、高兼容性的发射药称装技术。结果表明, 该技术能提升称装药机的效率和精度, 以及自动化生产线的柔性化生产能力。

**关键词:** 称装药技术; 电子数粒机; 弹药制造技术

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

## Automatic Weighing and Loading Technology of Propellant Based on Electronic Granulation Counter

Yuan Guowen<sup>1</sup>, Kang Lin<sup>2</sup>, Yu Bo<sup>1</sup>, Hu Xiang<sup>1</sup>

(1. Department of Intelligent Manufacturing, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China;  
2. PLA Presentation Office of in Guangyuan District, Army Equipment Department, Guangyuan 628000, China)

**Abstract:** For meet the requirements of propellant automatic weighing and loading equipment such as high precision, fast production cycle and low cost, introduce electronic granulation counter in pharmaceutical industry with long application time and mature technology. The counter is used for propellant precise loading, and is cooperated with the high efficiency belt scale as coarse weighting, which combined into a high efficiency, high precision and high compatibility propellant loading technology. The results show that the technology can improve efficiency and precision of weighing and loading machine, and flexible production capacity of automatic production line.

**Keywords:** weighing and loading technology; electronic granulation counter; ammunition manufacturing technology

### 0 引言

在枪弹和炮弹的自动化生产过程中, 发射药的称装是决定产品质量的重要工序。为满足发射药称装的精度和效率上的生产需求, 行业内常采用计量板和转筒秤的方式对发射药进行称装<sup>[1-3]</sup>。

计量板装药<sup>[4]</sup>通过体积定容的方式获取称装的发射药, 对单粒体积较小的枪弹发射药具有较好的称装效率和精度, 但存在将完整发射药切碎的风险, 对单粒体积较大的发射药则无法达到生产精度需求。转筒秤<sup>[5]</sup>通过伺服电机控制转筒的转动, 发射药由转筒的转动输送落入称盘, 由电子秤反馈读数信号进而控制电机转动, 实现对发射药的称装。该方式能得到较好的称装精度, 并且具有较强的兼容性, 但对于一次称量总质量较大的产品, 达不到较高的生产效率。

电子颗粒计数器<sup>[6]</sup>是一种多通道同时以光电检测的方式, 按需求数量对均一性较好的颗粒物进行

计数、分料、灌装的物料包装设备, 被广泛应用于制药、医药、食品等行业, 对胶囊、片剂、颗粒等药品或食品的计数和称装。参照电子颗粒计数器技术指标, 计数速度可达到 1 000~4 000 粒/min, 计数误差 $\leq 1\%$ 。电子颗粒计数器凭借在其他行业优良的性能表现将它引入军工行业, 提升了我国弹药制造技术水平。

### 1 应用历程

为达到较高的发射药称装精度和较快的发射药称装效率, 常将发射药称装分为粗称药和精称药 2 个生产过程。其中, 发射药的粗称药过程需要以较快的速率称装发射药, 在保证较为高效的称装节拍的前提下, 尽可能控制称装的精度。皮带秤通过电机驱动平皮带将料仓中的发射药传输落入秤斗, 由电子秤的压力传感器实时反馈称装的质量信息, 经可编程逻辑控制器 (PLC) 处理, 程序控制电机启停及转速。

收稿日期: 2021-03-12; 修回日期: 2021-04-20

作者简介: 袁国文(1995—), 男, 四川人, 从事工业自动化设备结构设计和装药工艺研究。E-mail: swairobot@163.com。

### 1.1 粗称药

皮带秤的称装方式若要达到较好的生产技术指标，应充分权衡各项技术参数。其中有以下技术参数：输送有效宽度  $d$ ，输送有效高度  $h$ ，输送最高速率  $v_{max}$ ，发射药装药密度  $\rho$ 。在不考虑环境因素影响的理想输送状态下，可简单计算出皮带秤的单位时间输送质量：

$$\Delta M_{max} = \rho \cdot d \cdot h \cdot v_{max} \quad (1)$$

在已知发射药称装的合格范围中值  $\alpha_0$ ，由  $t_{min} = \alpha_0 / \Delta M_{max}$  计算得该技术参数设计出的皮带秤称装此种发射药的最短时间  $t_{min}$ 。在实验过程中，以电机最大转速输送发射药进行称量的方式虽能达到较高的称量效率，但出现末端值偏差较大，称装的质量有较大的范围波动，不利于进一步精称药。为减小末端值的偏差范围，达到较为稳定的粗称药末端值，引入一段减速函数对电机转速进行线性控制。

如图 1，发射药先以最大单位时间输送质量进行输送，在时间  $t_1$  处由电子秤检测出拐点重量，以图示函数曲线进入减速阶段直至单位时间输送质量达到  $\Delta M_{min}$ ，最后以  $\Delta M_{min}$  加至粗称药末端值范围内。其中，对图中阴影部分进行积分，即发射药称装的合格范围中值：

$$\alpha_0 = \int_0^{t_0} f(t) dt \quad (2)$$

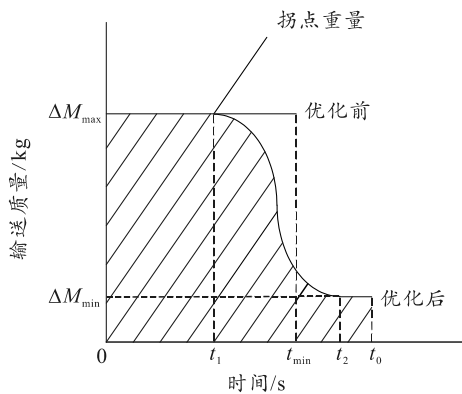


图 1 皮带秤输送函数

大量控制变量实验数据见图 2。由图 2 可知，以此方式控制皮带秤进行粗称药，粗称药末端值品质有大幅度提升，其中品质优表示只经过粗称药便达到合格范围内，无需再进行精称药；品质良表示离合格范围下限值的有限范围内的粗称药末端值，需进行少量精称药进行补料达到合格范围内；品质差表示粗称药的末端值已超过合格范围的上限值，以及低于精称药补料范围的下限值。

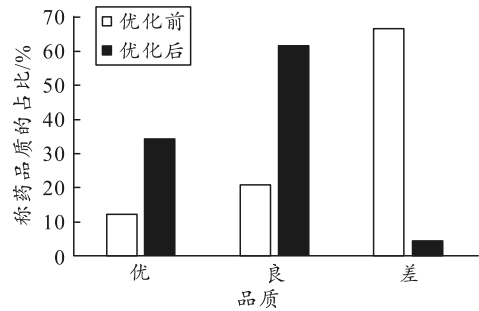


图 2 粗称药末端值品质

### 1.2 精称药

在完成皮带秤粗称药后，粗称药末端值中存在六成需要进行二次精称药补料以达到合格范围。通过传统的物流输送方式配合电子秤进行动态称药的方式具有一定局限性，其物料掉落过程和掉落至秤斗对电子秤的冲击，以及电子秤本身的稳定和通信时间等系统本身影响，便难以达到较高的精称药需求。除此之外，周围环境的变化(温度、湿度、气压、气流等)对电子秤的使用也有明显的干扰。

为达到较高的精称药精度，采用一种新式精称药方式。在粗称药结束时，电子秤反馈粗称药末端值  $m_1$ ，与发射药称装的合格范围中值  $\alpha_0$  作差，两者的差值与当批次的发射药单粒平均质量  $\Delta m$  求商取整，得出精称药补料所需发射药粒数  $n$ 。将补料所需发射药粒数  $n$  输入电子颗粒计数机，由电子颗粒计数机工作计数补入相应的发射药粒数，最终达到发射药称药的合格范围。

$$\alpha_0 = m_1 + (\Delta m \cdot n) \quad (3)$$

该方式虽减弱了对电子秤的依赖，避免了前文提及的一系列干扰，但对发射药的均一性有较高的要求。由于补料粒数是以发射药的单粒平均质量求出，就会出现某一次补料过程中，所补发射药的单粒平均质量明显高于或者低于单粒平均质量所代入值  $\Delta m$ 。

为减弱这部分的影响，可采取 2 种方式：1) 通过筛药机将发射药的均一性提高，可除去称装发射药中混入的片药、碎药、棍药等明显影响称装药精度的杂质，该方式能极为有效地提升称装药精度以及产品本身的品质；2) 尽可能减少精称药的质量，对于大量精称药补料，若药粒出现单批次正负单方向的偏差，其随补料的粒数增加，精称药整体偏差增大。

### 1.3 称装技术设备

结合前文皮带秤及电子颗粒计数机的性质，权

衡各项技术指标参数，设计出以皮带秤作为粗称药，电子颗粒计数机作为精称药的组合称装药设备。粗称药料仓由粒状发射药自动定量称重系统<sup>[7]</sup>进行自动供料，精称药料仓由人工补料。结构原理如图 3。

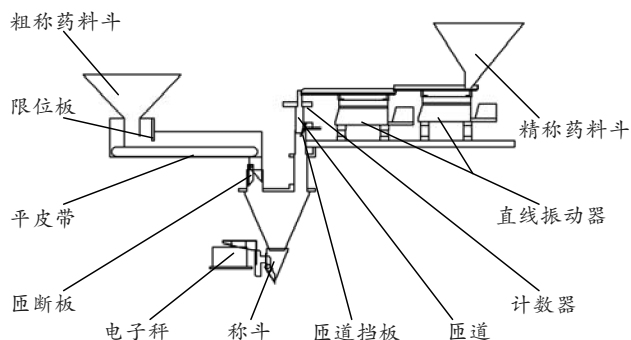


图 3 结构原理

在清空秤斗中余料后，清零开始新一轮发射药的称装。首先匝断板和匝道挡板全部打开，将上轮关断在通道中的发射药放出，并启动皮带秤进行发射药粗称药。平皮带由电机带动，将粗称药料仓中的发射药输送落入秤斗，由上文提及的粗称药技术控制平皮带电机的启停和转速。当电子秤读数达到粗称药末端值后，电机停止转动，皮带秤的匝断板关断，结束粗称药。电子秤稳定后读出粗称药末端值，引入程序判断。若末端值在合格范围内，则结束称装药并判定为合格；若末端值高于合格范围上限或低于精称药补料下限，则结束称装药并踢废；若末端值低于合格范围下限且在精称药补料范围内，则进入精称药进行补料。电子颗粒计数机在接收到系统反馈的补料粒数后启动，向秤斗输送所差发射药。结束精称药后，电子秤进行复称，稳定读数后再次进行判定是否合格，合格则待机等待放料，反之则踢废进入下一轮称药。

## 2 设备运行现状及改进方向

### 2.1 运行现状

一般情况下，单组的称装机构节拍可满足 1 个工位的称装需求。目前称装药机整体以 2 组称装机构保证 1 个发射药称装工位，进一步降低了药筒等待合格发射药称装的概率。在连续生产过程中，当粗称药料仓中的发射药低于药仓下限位后，会对粗称药的皮带铺装密度产生较为明显的影响，从而导致粗称药末端值造成较大波动，优良产出明显下降。

在试运行过程中，设备使用的是外形、颜色与发射药相似的替代料进行发射药称装，单一的替代

料对应多种产品的发射药称装经参数调校设定，在满足生产节拍前提下，整体呈现较好的称装精度。通过 400 组人工回收药筒复称检验后，笔者将数据整理得到图 4，定义每次称装药偏差绝对值与允许极限偏差绝对值的比值为偏差百分比。统计整理后，样本偏差百分比在 60% 内占总样本数的 85.25%，样本偏差百分比在 100% 内（即合格称装药）占总样本数的 98.50%。目前仅针对一种发射药替代药进行了试运行生产，后续还需对实际生产使用的多种发射药进行个性化参数设置，以进一步提升发射药的称装品质。

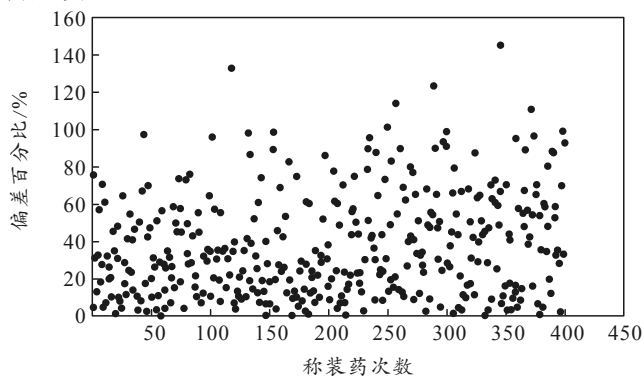


图 4 称装药偏差百分比

### 2.2 改进方向

在试运行生产过程中，根据发射药的性质调整相关参数，使各组称装机构以尽可能贴合发射药物理性质的生产状态进行称装发射药。各料仓中的发射药在生产过程中需高于料仓下限位进行称装。

根据以往经验分析，回收药筒复检的合格率未达到 100% 的原因有 2 种：1) 在称装药过程中环境变化对电子秤造成了影响，再与前文所提及的精称药偏差影响相叠加；2) 电子秤系统内本身的读数波动偏差，称装药使用的电子秤与人工回收复检使用的电子秤出现了正负方向相反的偏差造成。后续可根据偏差值大小，适当减小称装药机的合格范围，并对电子秤和秤斗部分进行外部防护处理。

## 3 结束语

皮带秤和电子颗粒计数机配合使用的称装药技术在一定程度上提升了称装药机效率和精度，可对相似规格的发射药进行良好兼容，提升了自动化生产线的柔性化生产能力。

### 参考文献：

- [1] 李全俊, 张博, 史慧芳, 等. 发射药自动混同设备及工艺技术[J]. 兵工自动化, 2020, 39(2):73-77.

[2] 杜木伟, 陈保林, 漆帮林. 发射药螺旋分料装置的设计与实验研究[J]. 兵工自动化, 2020, 39(11): 78-81.

[3] 石义官, 李全俊, 刘锡朋, 等. 射孔弹自动装药装配生产线[J]. 兵工自动化, 2020, 39(4): 94-96.

[4] 虞波, 黄权. 精确在线称量技术在大口径枪弹装配中的应用[J]. 兵工自动化, 2009, 28(8): 62-63.

[5] 童卓, 熊长江. 微量药剂称量技术的应用及研究[J]. 兵工自动化, 2016, 35(2): 79-81.

[6] 电子颗粒计数机(JB/T10796-2007)[S]. 包装与食品机械, 2008, 26(6): 1-3, 24.

[7] 岳显, 孔森. 粒状发射药自动定量称重系统[J]. 兵工自动化, 2016, 35(10): 83-85, 93.

\*\*\*\*\*

(上接第 23 页)



图 8 决策分析界面

6) 基础信息界面开发。

基础信息界面如图 9 所示,主要用来对飞行团、机型、飞机、发动机、制造商相关的基础信息进行录入和管理。

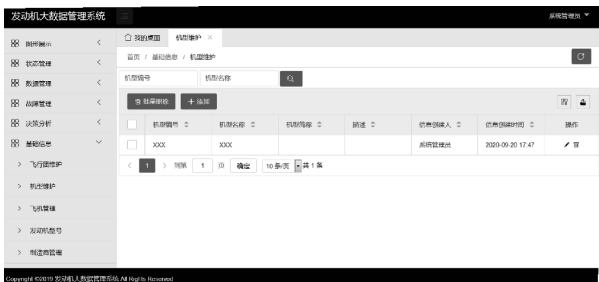


图 9 基础信息界面

4 结论

笔者对某型军用航空发动机大数据管理系统进行了设计与开发,实现了某型军用航空发动机大数据的有效管理。下一步,军用航空发动机大数据管理系统的发展思路:一是联合地方航空发动机设计生产企业,收集航空发动机设计、生产、维修等过

程中的数据信息,建设军用航空发动机全寿命大数据管理系统,为军用航空发动机新型号的设计与研制、生产工艺改进、使用保障、维修管理提供数据支持;二是军用航空发动机大数据的挖掘研究,挖掘航空发动机故障的发展规律和故障模式之间的关联关系等,实现军用航空发动机的预测与健康管

参考文献:

[1] 尉询楷, 杨立, 刘芳, 等. 航空发动机预测与健康管[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014: 29-129.

[2] 尹承督, 贾红丽, 李卫东. 大数据在部队信息资源管理中的应用[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(8): 118-121.

[3] 王潘, 刘魁. 大数据技术在航空发动机中的应用[J]. 航空动力, 2018(1): 48-51.

[4] 旷典, 付尧明, 房瑶瑶. 大数据挖掘分析在航空发动机状态监控与故障诊断中的应用[J]. 西安航空学院学报, 2017, 35(5): 42-46.

[5] 柳迎春, 李洪伟, 李明. 军用航空发动机状态监控与故障诊断技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 12-98.

[6] 田亚鹏, 郑砚普, 付旭云. 基于 HBase 的民用航空发动机大数据管理系统[J]. 山东工业技术, 2016, 20: 140-142.

[7] 胡韬, 王加杰. 警用装备管理系统设计与实现[J]. 科学技术创新, 2018, 35: 74-75.

[8] 张鑫, 辛洪郁. PHP 程序开发参考手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 24-100.

[9] 罗启强. 基于 PHP+MySQL 的高校教务管理系统的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2016.

[10] 刘丰年. 基于 PHP+MySQL 的学生档案管理系统的设计与实现[J]. 无线互联科技, 2018(7): 118-120.