

doi: 10.7690/bgzd.2021.05.010

# 球扁发射药水力分级技术

杨 琴, 赵其林, 陈春林, 贺 云, 刘 毅

(泸州北方化学工业有限公司科学研究所, 四川 泸州 646003)

**摘要:** 为提高球扁发射药弧厚一致性进而提高发射药装药的弹道一致性, 采用水力分级技术进行球扁发射药黄药水力分级技术研究。在现有发射药水筛工艺的基础上开展水分离技术分析, 形成水筛加水力分离器的发射药黄药筛分工艺技术。结果表明: 与原工艺相比, 药粒直径标准偏差能减小 35%, 分布范围能缩小 31%; 弧厚标准偏差能减小 47%, 分布范围能缩小 24%, 球扁药的尺寸一致性得到大幅提升。

**关键词:** 球扁药; 水力分级; 一致性; 弧厚

**中图分类号:** TQ562 **文献标志码:** A

## Hydraulic Grading Technology for Oblate Spherical Propellant

Yang Qin, Zhao Qilin, Chen Chunlin, He Yun, Liu Yi

(Scientific Research Institute of Luzhou North Chemical Industry Co., Ltd., Luzhou 646003, China)

**Abstract:** In order to improve the consistency of the arc thickness of the oblate spherical propellant and thus the ballistic consistency of the propellant charge, hydraulic grading technology is used to study the hydraulic grading technology of the semi-finished oblate spherical propellant. On the basis of the existing propellant water sieve technology, the analysis of water separation technology is carried out to form a water sieve plus a hydraulic separator for semi-finished propellant screening technology. The results show that compared with the original process, the standard deviation of particle diameter can be reduced by 35%, and the distribution range can be reduced by 31%. The standard deviation of arc thickness can be reduced by 47%, and the range of distribution can be reduced by 24%. Consistency has been greatly improved.

**Keywords:** oblate propellant; hydraulic classification; uniformity; arc thick

### 0 引言

目前, 对球扁发射药成型后的尺寸控制采用的是滚筒水筛进行筛分。该设备只能筛分球扁发射药药粒直径, 不能筛分药粒的弧厚。球扁发射药尺寸小, 较小的尺寸误差易对内弹道性能(最大膛压及初速)产生较大影响, 不仅给武器系统带来安全隐患, 而且会影响其射击精度, 提高球扁药尺寸均一性是球扁发射药工艺亟需解决的难题<sup>[1]</sup>。水力分级技术已在选矿等行业中得到广泛应用<sup>[2]</sup>, 如: 在金属矿和非金属矿选厂中, 常利用水力分级作业与其他设备相结合的方式, 获得几个窄粒级分布的物料, 再进行高效分选<sup>[3]</sup>。为提高球扁发射药的弧厚一致性, 利用水分离技术具有分离水中沉降速度不同颗粒的特性, 进行球扁发射药黄药的水力分级技术分析。

### 1 工艺方案

在原有水筛筛分工艺的基础上增加水力分离装置, 采用“往复式水筛机”与“水力分级器”相结合的工艺技术, 将经水筛筛分后的药粒, 通过水力

分级器在相同水流速度作用下, 利用密度相近、尺寸差异较大的颗粒在垂直水流中沉降速度不同的原理, 对发射药弧厚进行筛选, 从而得到尺寸一致性更好的球扁发射药药粒, 其工艺流程如图 1 所示。

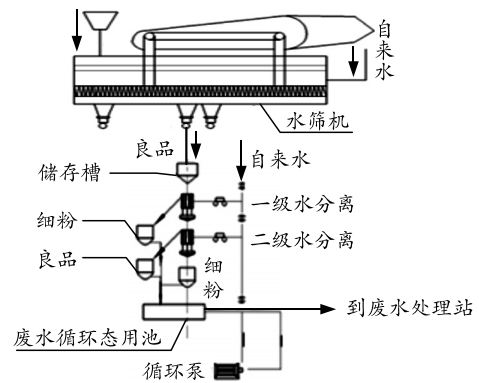


图 1 药粒分级工艺流程

### 2 往复式水筛机

#### 2.1 设备组成

往复式水筛机适用于对成型后球扁发射药药粒直径的初步控制, 主要由贮槽、筛网、皮带和防爆

收稿日期: 2021-01-10; 修回日期: 2021-02-19

作者简介: 杨 琴(1994—), 女, 重庆人, 从事发射药工艺技术及产品研发。E-mail: 690314618@qq.com。

电机等组成，其装置结构如图2所示。

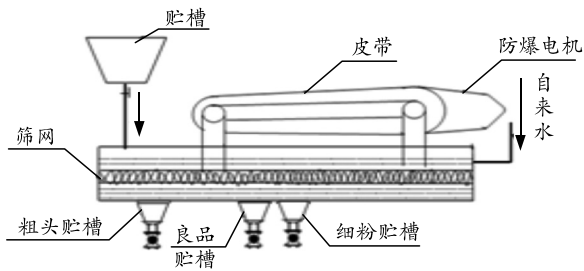


图2 水筛机结构

## 2.2 工作原理

当物料进入水筛机后，电动机带动皮带轮，皮带轮带动偏心轴转动，由于偏心轴的转动使滑杆直接带动筛网往复运动，物料在筛内通过水筛机内安装的筛网筛孔尺寸，将药粒筛分为过小药粒、良品和过大药粒3种，并分别将这3种药粒排至不同的接料口，完成筛选工作。

## 3 水力分级装置

### 3.1 设备组成

水分离器由缓存槽、水力分级器、循环泵及其他控制系统组成，其装置如图3所示。

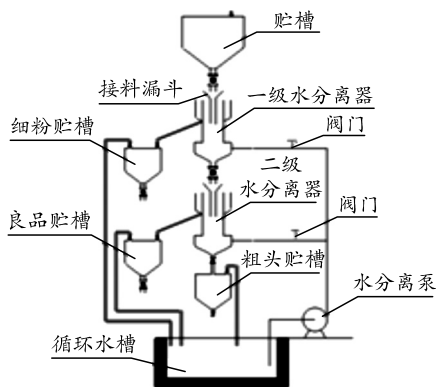


图3 水分离器结构

### 3.2 工作原理

在运行过程中，将料给入水力分级设备的上端，并进行沉降。在垂直运动水流中，水流逆着球扁药的沉降方向向上运动；因此，向上的水流对悬浮药粒形成一个流态化的干扰床。床内狭小的空隙使水产生很高的流动速度，从而阻止了低沉降速度药粒的渗透；因此，弧厚薄、重力小而轻的药粒积累在分离设备的上部，并最终从设备的上部流入细粉收集槽；弧厚适中与弧厚厚的药粒沉降速度比上升水流的速度快，将穿过流态化床面，流入下一级分离器，相同的方法分离出弧厚适中的药粒，从而实现不同弧厚的球扁药分级<sup>[4-5]</sup>。

## 4 试验与分析条件

1) 样品：5.8 mm 枪弹用发射药黄药(半成品)。

2) 为验证水力分级对药粒尺寸的筛分效果，在水筛控制条件一致的情况下，对同一批球扁发射药进行筛分，并对水分离前后的药粒尺寸进行测试与分析。

3) 水筛控制条件：筛网孔径为粗头24目、细粉40目；水力分级控制条件：一级水压设置范围为0.84~0.90 MPa；二级水压设置范围为1.27~1.32 MPa。

4) 尺寸分析方法：按照《GJB770B-2005 火药试验方法》——方法412.1 小型药药形尺寸测量法对药粒尺寸进行分析。

随机选出50粒，在显微镜下放大50倍后测量尺寸。其中，测量直径时，测出药粒对角线2个值。

## 5 试验数据分析

### 5.1 药粒直径

水力分级前发射药的取样直径为：0.98, 0.75, 0.83, 1.00, 1.13, 0.75, 0.80, 0.63, 0.95, 1.03, 0.93, 0.88, 1.00, 0.95, 0.73, 0.93, 0.80, 0.70, 1.10, 0.65, 0.70, 1.08, 1.00, 1.05, 0.83, 1.05, 1.13, 0.65, 0.60, 1.05, 0.70, 0.98, 0.83, 0.50, 0.50, 0.90, 1.03, 1.05, 1.10, 0.65, 0.68, 0.93, 0.90, 0.65, 1.05, 1.13, 1.03, 0.75, 0.83, 0.70, 0.55, 0.88, 0.98, 0.93, 1.03, 1.10, 1.03, 0.65, 0.73, 0.75, 0.63, 0.63, 0.90, 0.48, 0.70, 0.90, 0.75, 1.05, 0.73, 0.88, 0.93, 0.65, 0.83, 0.63, 0.73, 0.90, 0.83, 1.10, 0.63, 1.13, 1.00, 0.70, 0.85, 0.80, 0.73, 0.85, 1.00, 0.78, 0.98, 0.68, 0.85, 0.60, 0.75, 0.63, 0.50, 0.78, 0.68, 0.50, 0.70, 0.98 mm。经过取样测试，分析计算出平均直径为0.84 mm，最大直径为1.13 mm，最小直径为0.48 mm，标准偏差为0.175。

水力分级后发射药的取样直径为：0.66, 0.58, 0.92, 0.86, 0.74, 0.80, 0.58, 0.78, 0.84, 0.72, 0.64, 0.82, 0.86, 0.74, 0.74, 0.58, 0.66, 0.78, 0.86, 0.72, 0.79, 0.78, 0.82, 0.98, 0.98, 0.66, 0.58, 0.92, 0.86, 0.74, 0.92, 0.63, 0.88, 0.79, 0.81, 0.68, 0.92, 0.58, 0.81, 0.98, 0.98, 0.81, 0.78, 0.60, 0.88, 0.70, 0.80, 0.60, 0.88, 1.00, 0.74, 0.66, 0.80, 0.82, 0.88, 0.96, 0.92, 0.82, 0.88, 0.81, 0.76, 0.66, 0.82, 0.82, 0.90, 0.98,

0.64, 0.82, 0.90, 0.78, 0.68, 0.92, 0.58, 0.66, 0.74, 0.98, 0.66, 0.78, 0.92, 0.63, 0.70, 0.80, 0.60, 0.88, 0.74, 0.74, 0.66, 0.80, 0.60, 0.85, 0.78, 0.86, 0.72, 0.92, 0.86, 0.76, 0.66, 0.82, 0.82, 0.75 mm。经过取样测试,分析计算出平均直径为 0.78 mm,最大直径为 1.00 mm,最小直径为 0.58 mm,标准偏差为 0.113。

采用正态分布分析法对发射药直径分布进行分析,结果如图 4 所示。

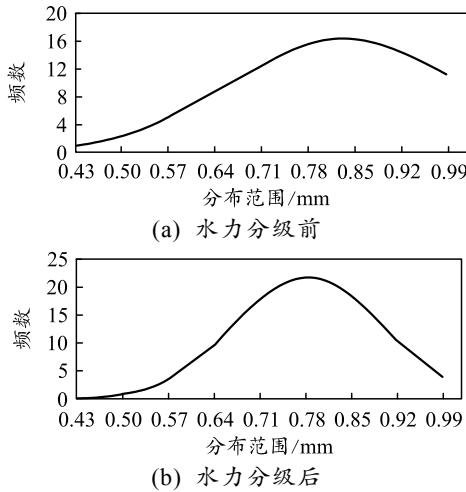


图 4 直径正态分布

水力分级后的药粒直径标准偏差由 0.175 减小到 0.113,减小了 35%;直径分布范围由 0.48~1.13 mm 缩减至 0.58~1.00 mm,缩小了 31%。

### 5.2 弧厚分析

水力分级前发射药的取样弧厚为: 0.29, 0.29, 0.30, 0.30, 0.42, 0.45, 0.40, 0.40, 0.40, 0.42, 0.39, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.50, 0.38, 0.36, 0.36, 0.49, 0.36, 0.36, 0.36, 0.36, 0.36, 0.48, 0.36, 0.34, 0.34, 0.34, 0.34, 0.34, 0.36, 0.49, 0.31, 0.32, 0.32, 0.36, 0.36, 0.36, 0.36, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38, 0.38 mm。经过取样测试,分析计算出平均弧厚为 0.37 mm,最大弧厚为 0.50 mm,最小弧厚为 0.29 mm,标准偏差为 0.047 4。

水力分级后发射药的取样弧厚为: 0.36, 0.36, 0.39, 0.38, 0.4, 0.4, 0.42, 0.38, 0.34, 0.36, 0.36, 0.36, 0.38, 0.38, 0.4, 0.4, 0.42, 0.38, 0.48, 0.36, 0.36, 0.37, 0.38, 0.38, 0.4, 0.41, 0.42, 0.38, 0.36, 0.36, 0.36, 0.37, 0.38, 0.38, 0.4, 0.38, 0.38, 0.38, 0.32, 0.36, 0.36, 0.37, 0.38, 0.38, 0.4, 0.34, 0.38, 0.38, 0.36, 0.36 mm。经过取样

测试,分析计算出平均弧厚为 0.38 mm,最大弧厚为 0.48 mm,最小弧厚为 0.32 mm,标准偏差为 0.025 3。

采用正态分布分析法对发射药弧厚分布进行分析,结果如图 5 所示。

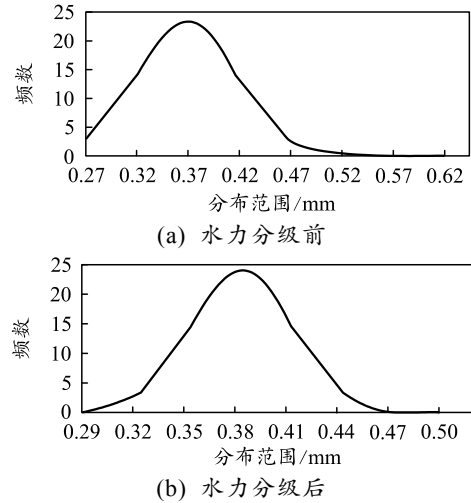


图 5 弧厚正态分布

水力分级后的药粒弧厚标准偏差由 0.047 4 减小到 0.025 3,减小了 47%;弧厚分布范围由 0.29~0.50 mm 缩减至 0.32~0.48 mm,缩小了 24%。

经过对药粒水力分级前后尺寸的分析研究表明:采用水分离技术后,发射药的直径、弧厚正态分布进一步缩小,尺寸分布集中性更佳,发射药的尺寸一致性得到更好的控制。

### 6 结论

采用水力分级技术后,球扁发射药的药粒直径标准偏差减小了 35%,分布范围缩小了 31%;弧厚标准偏差减小了 47%,分布范围缩小了 24%。经水力分级处理后球扁发射药的尺寸分布更集中,药粒的尺寸一致性得到了大幅提升。

### 参考文献:

- [1] 刘佳,马忠亮,程山,等.球扁药药型尺寸对内弹道性能的影响[J].中北大学学报,2015,36(5):545-548.
- [2] 匡亚莉.选煤工艺设计与管理[M].徐州:中国矿业大学出版社,2006:97-162.
- [3] 王飞跃,张义顺,马娇,等.水力重力分级技术的研究现状[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2013,38(5):155-158.
- [4] G·H·卢特雷,谢贤,童雄,等.高效水力分级机的研究[J].国外金属矿选矿,2008,45(3):18-23.
- [5] 吴静,付晓恒,王彦文.干扰床分选机应用现状及其发展趋势[J].煤质技术,2012,27(2):41-45.