

文章编号: 1003-1480 (2003) 03-0054-03

用退役推进剂制备火箭 烟花用发射药

刘玉海, 刘士林

(南京理工大学烟花技术研究所, 江苏 南京, 210094)

摘 要: 本文分析比较了传统火箭烟花发射药和退役推进剂的燃烧性能, 阐述了传统火箭烟花和现代火箭烟花对发射药的技术要求, 指出了利用退役推进剂制备燃烧稳定、无烟的火箭烟花发射药所应解决的关键技术及火箭烟花今后的发展方向。

关键词: 退役推进剂; 火箭烟花; 发射药

中图分类号: TQ567.9 **文献标识码:** A

Technical Analysis on the Making of Rocket-Firework Powder from Expired Propellants

LIU Yu-hai, LIU Shi-lin

(The Pyrotechnic Research Institute, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, 210094)

Abstract: Basic properties of traditional rocket-firework powders have been compared with expired propellants. Technical requirements for propellant for traditional rocket-firework powder and modern rocket fireworks have been described. Key techniques that might be solved by using expired propellant to produce rocket-firework powders with stable burning and smokless properties as well as the trends for future development have been put forward.

Key words: Expired propellants; Rocket-firework; Propellant

军用废含能材料的处理是一个老大难问题。其中退役火药的处理及资源化研究较多, 也寻找到了一些有效的途径^[1-5]。然而, 退役推进剂由于尺寸大、能量较单基药低, 资源化再利用相对困难, 至今还没有真正找到实用的、能大批量处理的资源化利用途径。世界各国仍不得不主要以销毁方式处理这类废物, 而销毁过程麻烦, 危险性大, 除会带来巨额耗费外, 还会给环境造成污染。

另一方面, 在烟花市场上, 火箭烟花占有相当的份额, 现有的火箭烟花还存在较严重的问题。由于发射药采用黑火药, 燃烧产物烟雾大, 而且采用

分步装填压实的方式, 操作繁琐不够安全, 密度均匀性较难得到保证, 致使燃烧不够稳定。因此烟花行业也急需一种装填方便、燃烧稳定的火箭烟花用发射药。

1 火箭烟花发射药的基本状况

1.1 传统火箭烟花发射药的基本技术分析

黑火药作为火箭烟花用发射药已近千年, 制作工艺成熟, 但装填方式繁杂。它是由粉状黑火药经造粒、分步装填压实等工艺完成的, 较大型火箭发

收稿日期: 2003-05-12

作者简介: 刘玉海 (1961-), 男, 副研究员, 从事烟花药剂及相关材料研究。

射药一般要经 3~4 次装填过程才能完成。此工艺过程决定了火箭烟花发射药存在的问题：密度分布不够均匀、燃烧稳定性不够好、压实过程不够安全，此外，黑火药本身易吸潮，加工贮存中还要采取防潮措施。

1.2 现代火箭烟花对发射药的技术要求

随着科学技术的发展和水平的提高，人们对烟花观赏效果、烟花和药剂生产燃放时安全等方面的要求越来越高。世界各国正致力于开发对环境污染小（或无污染）、观赏效果好的无烟无味环保型烟花^[4]。这就要求现代火箭烟花发射药应具备：生产使用过程相对安全、原材料来源广泛，成本低廉、燃烧完全、产物无毒（或少毒）和无固体残渣产生等特点。无污染、无烟（或少烟）、无味、成本低、能量高、装填方便、燃烧稳定、安全的环保型火箭烟花发射药及其产品是火箭烟花今后的发展方向。

2 退役推进剂基本性能分析

2.1 退役推进剂的种类

我国现有的固体推进剂，或因超过 30 年贮存期、或因现用武器被淘汰而无其它用途、或因成品弹超过使用贮存期，推进剂被拆除等原因而成为退役推进剂，前两类存于国库中，后者存于军库或各军区弹药维修所中。现存的退役推进剂主要以退役双基推进剂为主。

2.2 退役推进剂的基本性能分析

退役推进剂虽在库中经过一段时间贮存，但燃烧性能、外形尺寸等性能变化不大。与目前火箭烟花中所使用的黑火药相比，退役推进剂具有的特点是：（1）“无烟”。双基推进剂虽是负氧平衡，但其氧平衡系数不大，燃烧比较完全，燃烧产物洁净无烟雾，所以也可称为“无烟发射药”。（2）比容大。比容是指单位质量药剂燃烧时生成的气体量，它是发射药重要能量示性数之一，它的大小体现了发射药的作功能力。比容大，作功能力大；反之就小。退役推进剂的比容比黑火药大得多，其比容一般在 800mL/g 左右，而黑火药的比容一般在 200~400mL/g 之间^[2]。（3）爆热高。爆热是指单位质量药剂燃烧时释放的热能，也是发射药重要能量示性数之一，爆热越高，发射药能量越高，作功能力越大。退役推进剂的爆热较黑火药的爆热高得多。

双基推进剂在 3 555~3 865 kJ/g，而黑火药一般在 2 350 kJ/g 左右^[2]。（4）燃烧产物中残渣少。退役推进剂略为负氧平衡，燃烧产物为气态物质如 H₂O、CO₂ 和 N₂ 等，而黑火药燃烧很不完全，产物中含有大量的炭、硫及钾的氧化物等固体残渣。（4）感度低。退役推进剂的火焰及机械感度比黑火药低^[3]，加工和使用过程中比较安全；（5）稳定燃烧临界压力较高^[6]。退役推进剂临界压力一般在 7MPa/cm²，而黑火药常温可稳定燃烧。

通过分析不难看出：退役推进剂用作火箭烟花发射药有黑火药不可代替的优点，与黑火药相比更能满足现代火箭烟花对发射药的要求。然而，由于退役推进剂临界压力的存在，直接用作火箭烟花发射药还需要解决一些关键技术。

3 利用退役推进剂制备火箭烟花发射药的关键技术

3.1 退役推进剂性能研究及选择标准

研究退役推进剂的基本性能和火箭烟花对发射药的技术要求，制定退役推进剂的选择标准，确保由退役推进剂制成的发射药能安全贮存，并能满足不同种类火箭烟花对其能量、燃速等性能的要求。

3.2 火箭烟花发射药的制备

退役推进剂用于制备火箭烟花发射药的主要工艺包括：退役推进剂的改型、包覆材料和包覆方式的选择、包覆工艺的研究等。

包覆方式分侧面和端面包覆。由于现有的推进剂皆为单孔药柱，端面包覆可基本使推进剂恒面燃烧，发动机中压力较稳定，点火相对容易，但效果药筒的点火延迟时间要有相应的控制办法；侧面包覆（不堵孔）推进剂将是增面燃烧，发动机中压力将逐渐升高，且内孔易窜火提前点燃效果药筒，因此也应有相应的烟花筒的点火延迟控制办法；侧面包覆（堵孔）推进剂可基本恒面燃烧，点火及稳定燃烧压力的建立相对较难。

3.3 火箭烟花发动机的设计

3.3.1 发动机内部结构设计

内部结构设计主要指燃烧室结构和喷管结构的设计。根据火箭烟花对发动机的技术要求和推进剂的基本性能，通过理论计算和试验设计出发动机燃烧室的结构、喷管的结构。

3.3.2 发动机材质的选择、强度设计及加工工艺

发动机材质和强度将根据发动机的工作压力、推进剂的燃烧时间等参数，同时考虑成本、市场要求等因素，进行选择和设计。可供发动机选择的材质有纸、工程塑料、金属铝等，根据需要也可同时采用2种以上的材料。

3.3.3 喷管材质的选择、强度设计及加工工艺

喷管在工作过程中要经受高压、高温，工作时间一般0.1~1s或更长，根据发动机本体的材料，可供选用的材料有：陶瓷、石膏、陶土、金属等材料，可采用粘合剂粘结或采用直接成型到发动机上的工艺途径，达到和发动机本体连接的目的。

3.4 发动机装药设计

3.4.1 装药结构设计

装药结构设计主要指将发动机内各装药诸元合理地配置在发动机的一定位置上，使发动机及其推进剂正常工作。火箭烟花发射药包覆方式不同，应有相应不同的装药结构。

3.4.2 点火系统的设计

点火系统包括推进剂的点火系统和效果药的点火系统。

推进剂点火系统设计主要指点火方式设计、点火药的研制、点火药量的确定等。

效果药的点火系统设计主要指推进剂燃烧終了与效果药点火的衔接方式、效果药点火延迟时间及点火延期药的研制等。

3.4.3 推进剂种类选择及药量的确定

根据各种火箭烟花的发射高度、携带质量和尺寸，选择合适的退役推进剂，并根据所选推进剂的性能确定药量。

4 结束语

利用退役推进剂制备火箭烟花用无烟发射药，是一条大批量处理退役推进剂并使其资源化的有效途径；其生产工艺安全简单，设备投入少；生产过程无“三废”排放，对环境无污染；用退役推进剂制备的无烟发射药，燃烧产物洁净“无烟无残渣”；此外，能量高，作功能力强；感度低，生产和使用相对安全；装填方便。退役推进剂有望制成无污染、无烟、成本低、能量高、相对安全的环保型火箭烟花发射药。

参考文献：

- [1] LIU Yu-hai etc. A Resourceful way to utilize expired propellants(EP) a study on the making of environment-friendly firework powders from EP [C]. Twenty-eighth International Pyrotechnics Seminar, 1~4, July 2002 Salt lake city USA.
- [2] 钟一鹏等. 国外火炸药性能手册 [M]. 兵器工业出版社, 1990.6.
- [3] 刘玉海等. 无烟烟花药剂使用安全性能分析 [J]. 火炸药学报, 2002, 25(3):73~78.
- [4] 刘玉海等. 退役火药用于制备环保型烟花药剂的基本技术分析 [J]. 爆破器材, 2002, 31(2):27~29.
- [5] 潘仁明, 刘玉海等. 废发射药资源化新途径—制备粉状炸药研究 [J]. 南京理工大学学报, 1996, 20(3):205~208.