

多种炸药混合搭配野外燃烧销毁实践

谢 佳

上海市消防救援总队, 上海
Email: X 6906@126.com

收稿日期: 2021年4月20日; 录用日期: 2021年6月2日; 发布日期: 2021年6月9日

摘 要

为了提高燃烧法销毁炸药的效率和确保安全, 通过不同品种炸药野外燃烧的机理分析, 提出一种不同品种炸药混合燃烧的新方法和一套混合搭配燃烧方法的具体布设和远程点火技术, 并通过燃烧销毁实践验证了该方法安全可靠。研究表明: 该技术可有效控制燃烧速度和效率, 既确保燃烧不会中断也不会转为爆轰。不仅有效提高燃烧销毁效率, 且确保了安全, 为多种炸药同时混合搭配燃烧销毁提供了一种新方法。

关键词

爆炸力学, 炸药销毁, 燃烧, 混合搭配, 布设参数

Research on Different Explosives Burning Destruction by Mixing and Matching in the Field

Jia Xie

Shanghai Fire & Rescue Brigade, Shanghai
Email: X 6906@126.com

Received: Apr. 20th, 2021; accepted: Jun. 2nd, 2021; published: Jun. 9th, 2021

Abstract

In order to further improve the efficiency of the combustion method of ammunition destruction, based on the analysis on the mechanism of explosive-burning method in the field, the paper puts forward the collocation principle of mixture combustion about different explosives. It introduces the method and the parameters of mix and match burning practice. It validates the proposed me-

thod through the destruction practice, which suggests that mix and match burning can effectively improve the efficiency of combustion destruction. The paper provides reference for the similar explosives destruction.

Keywords

Mechanics of Explosion, Ammunition Disposal, Field Burning, Mix and Match, Parameters of Destruction

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前常规的炸药销毁方法主要有焚烧法、爆炸法、蒸汽或热水冲洗法、熔化法、高压水拆除法、溶剂溶解冲洗法等[1], 燃烧法销毁具有操作简单、危险性小、对环境影响小等特点, 在炸药销毁中被广泛使用[2] [3]。目前单品种炸药的燃烧方法较为成熟[4] [5] [6], 刘鹏等在 2008 年结合工作经验介绍了各类含能材料的烧毁方法[7]; 黄博等 2010 年一次性安全销毁了 80 t 变质和失效乳化炸药[8]; 郭胜强等在 2016 年对实验室少量过期炸药燃烧销毁进行了探究, 结合待销毁炸药样品品种多、数量少的特点, 确定采用烧毁法一次实施销毁的方法[9]。研究表明, 不同品种炸药成分差异、燃烧温度和速度不同, 气体产量和快慢不一, 常规野外燃烧法销毁炸药时采用每种炸药单独烧毁的方法, 将每种炸药摊铺成一定厚度和宽度的药条, 利用单位长度炸药质量控制燃烧时温度和压力, 能够确保燃烧不会转为爆轰[10] [11] [12]。但是该方法费时费力且需要消耗较多燃料。

目前, 针对多品种炸药(包括多种中高爆速炸药和低爆速炸药)同时混合搭配燃烧销毁的研究还未见报道。考虑到单品种炸药单独燃烧费时费力, 特别是在品种较多、量较大的情况下, 燃烧销毁变得更为复杂。本文在炸药燃烧销毁机理的理论分析基础上, 通过调整多种中高级炸药和低级炸药搭配方式及比例, 控制野外销毁时燃烧温度和压力, 安全、快速完成了销毁任务, 为多品种炸药混合搭配燃烧销毁提供了一种新的方法。

2. 不同品种炸药燃烧混合搭配方法

通过炸药燃烧销毁机理分析, 当燃烧加速进行时, 放热速度大于周围介质导热速度, 热量不断积累并加速放热反应, 炸药温度必然自动升高直至发生爆炸。所以压力增加和温度升高是造成燃烧转爆轰的主要原因[13] [14]。影响压力和温度的因素有炸药性质、装药体积、装药孔隙、外壳、外部散热通风条件等, 燃点面积大、火焰温度高、辐射范围广、散热速度慢会造成温度升高, 反应速度快、燃烧面积大、生成气体多、扩散范围小会造成压力增大。

多种炸药搭配销毁按照一定的混合搭配方法来确保销毁过程安全可靠, 炸药混合燃烧搭配方法为:

1) 严格筛分: 对燃烧法销毁物品进行严格筛选, 禁止燃烧雷管、引信、起爆具、起爆药和带有金属外壳的装药, 防止产生爆轰; 将不同品种炸药按种类、爆炸威力大小和燃烧速度等进行分类, 便于搭配烧毁。

2) 合理间距: 通过块状、柱状炸药间距减小燃烧热量对凝聚相炸药的热传导, 减少火焰对炸药的热辐射。对于混合搭配时按照感度最高炸药对燃烧参数要求严格控制单位长度炸药质量, 对于粉状炸药控

制线装药量。

3) 间隔搭配：将高级炸药与中低级炸药间隔搭配，保持安全压力和温度，维持持续燃烧。按照中低级炸药量不许超过高级炸药单位长度质量的原则进行搭配。

4) 控制厚度：燃烧得热与炸药体积成正比，而失热与其表面积成正比。炸药厚度越小，体积与表面积之比越小，得热小于失热就不会转为爆轰。混合搭配按照块状高级炸药单层控制，粉状炸药尽量小的原则。一般情况下未钝化纯黑索金、太安炸药燃烧时厚度不大于 3 厘米。

5) 调整宽度：燃烧药条宽度受厚度和单位长度质量影响，宽度小时有利于热量向四周散开，宽度大时中间部分热量传递较慢，容易温度累积升高。

6) 平衡配置：不同炸药燃烧速度不同，混合搭配时按药条轴线对称布设，防止一侧燃速过快造成大面积燃烧。

3. 不同品种炸药燃烧销毁实践

3.1. 燃烧实施技术方案

本次燃烧销毁的炸药有鳞片状梯恩梯、熔铸梯恩梯切割器、乳化炸药、起爆具(太安 50/梯恩梯 50 混合药柱)、炸礁弹(梯恩梯 50/硝酸铵 50 混合)、爆炸药柱(黑索金 50/梯恩梯 50)、震源药柱(梯恩梯)、导爆索、拉火管等 12 种器材，共计约 1800 kg 炸药(如图 1 所示)。其中，黑索金、太安、梯恩梯等中高级炸药易点火、燃速快、温度高，在不需要助燃情况下可持续稳定进行燃烧。而乳化炸药等低级炸药需要高温、较长时间火焰刺激才可点燃，并且火势不旺，易造成燃烧中断。如果把中高级炸药和低级炸药搭配在一起燃烧，通过控制搭配比例和方式，使其燃烧温度和压力低于安全值，可节省燃料和时间。



Figure 1. Ammunition to be destroyed
图 1. 待销毁炸药

根据销毁物品种类和数量，采用将不同销毁物品混合搭配成药条(如图 2，图 3 所示)，药条下方用木材和柴油助燃，远距离点火的野外燃烧方案实施销毁。

1) 场地：选择某靶场进行烧毁，场地平坦开阔且略高于周围地形，通风条件好。场地周围 300 米内无房屋等保护目标，与植被之间隔火带大于 50 米，场地内无灌木和杂草。考虑应急需要，现场配备 1 辆消防车和 8 部泡沫灭火器。

2) 药条：药条的作用将大量炸药燃烧变成少量、逐步、缓慢、有序燃烧，是保证炸药安全稳定燃烧的关键措施。药条参数是控制燃烧面积、燃烧速度、得热和失热关系、压力衰减的重要参数。炸药混合燃烧布设参数如表 1 所示。

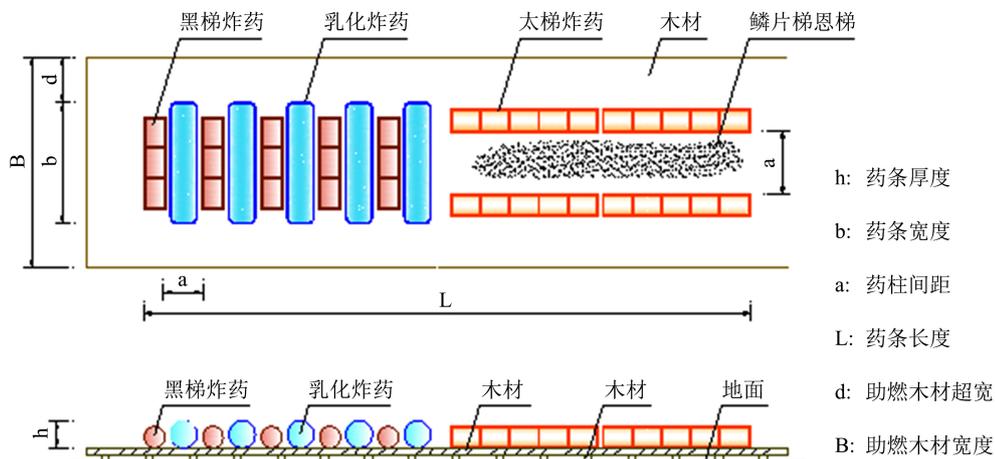


Figure 2. Diagram of ammunition layout
图 2. 炸药混合燃烧布设示意图



Figure 3. Various explosives mix and match layout drawing
图 3. 多种炸药混合布设搭配实物照片

Table 1. The experiment results
表 1. 炸药混合燃烧布设参数表

布设参数	药条厚度	药条宽度	药柱间距	药条间距	木材宽度	木材超宽
数值	<90 mm	<100 cm	100~200 mm	20 m >	120 cm >	10~20 cm

a) 搭配形式：在药条横排时三个药柱一组，组与组之间留有 10~20 cm 间距或搭配乳化炸药、拉火管等其它器材。竖排时设置两列药柱，两列之间留有 20 cm 以上间距或搭配乳化炸药等器材。10 kg 一枚的炸礁弹设置在药条外侧，间隔大于 10 米。导爆索、拉火管分散在炸药上方。由于黑梯或太梯药柱药量较大，紧密排列有可能转爆轰。销毁中黑索金与梯恩梯、太安与梯恩梯熔合炸药的每米质量不超过 8 kg；

b) 药条形状：药条断面呈偏平状，由于药柱最大直径 67 mm，乳化炸药 90 mm，所以厚度不超过 90 mm。整体宽度不超过 100 cm；

c) 单条药量：为保证燃烧转爆轰后空气冲击波不对周围目标和人员造成危害，必须控制单个药条药量。药量与保护目标距离、周围地形相关，本次销毁单条药量为 600 kg；

d) 药条间距：间距的作用是保证燃烧时的火星不会溅到旁边而引燃药条，保证一条药条转爆轰后不

会引起旁边药条的殉爆。本次销毁药条间距大于 20 米，每次燃烧 1 条。

3) 助燃：药条下方设置木材、柴油等助燃材料，其厚度和宽度根据被燃烧的品种决定，助燃材料宽度一般超出药条边缘 10~20 cm。

4) 点火：在位于下风的药条一端点火。采用电点火方式引燃，由点火机、导线、电引火头、黑火药组成。点火后由电引火头点燃黑火药，通过黑火药引燃木材与柴油，继而烧毁器材。

5) 安全距离：安全距离按照燃烧转爆轰后，不同保护对象所承受的空气冲击波超压值确定相应的安全允许距离。按照《爆破安全规程 GB6722-2014》地表进行大当量爆炸时，在平坦地形条件下超压计算公式。

$$\Delta P = 14 \frac{Q}{R^3} + 4.3 \frac{Q^{2/3}}{R^2} + 1.1 \frac{Q^{1/3}}{R}$$

式中： ΔP ——空气冲击波超压值， 10^5 Pa； Q ——一次燃烧梯恩梯炸药当量，kg； R ——爆源至保护对象的距离，m。人所能承受的空气冲击波超压不应当超过 0.1×10^5 Pa，一次燃烧炸药的梯恩梯为 600 kg，得出安全距离为 124 米。本次销毁警戒距离大于 200 米。

6) 技术要求：

a) 不能在燃过而未彻底冷却的地方进行下一次燃烧；必须待燃烧场地完全冷却后，才能燃烧下一批爆炸物品；

b) 根据风向与大小，布设药条走向和加大药条间距，防止药条间串燃；

c) 警戒距离 200 米，警戒程序同爆破程序；

d) 点火站设置于上风方向，大于 200 米的隐蔽处；

e) 燃烧完全熄灭 20 分钟后，再进入现场进行检查和清理；

f) 检查完成后用水浇湿烧毁场地，防止余火。

3.2. 烧毁结果分析

2016 年 10 月 13 日 10 时 30 分左右点火，燃烧时火焰旺盛，冒出黑烟，持续约两小时。由于不同炸药搭配合理，在燃烧过程中未出现燃烧转爆轰以及燃烧中断现象，最终待销毁器材烧毁彻底，地面仅留下灰渣(图 4 所示)。



Figure 4. Result of ammunition destruction

图 4. 炸药销毁结果

4. 结论

1) 提出一种多品种炸药混合搭配燃烧销毁的新方法, 可有效同时燃烧销毁除雷管、引信、起爆具、起爆药和带有金属外壳的装药外的多种低爆速和高爆速炸药, 既确保炸药能够稳定燃烧不会中断, 也不会燃烧转为爆轰。

2) 研究得到一套多种炸药混合搭配燃烧销毁的布设方法, 该方法通过控制药条厚度、药条宽度、药柱间距、药条间距、木材宽度和木材超宽等技术参数有效控制燃烧速度和效率, 确保稳定燃烧和燃烧销毁彻底。

3) 多品种炸药混合搭配燃烧销毁实践表明: 提出的炸药混合搭配布置参数选取合理, 使用的远程点火技术确保了人员安全, 节约了燃烧销毁成本, 也提高了燃烧销毁的效率。

参考文献

- [1] 王泽山, 张丽华, 曹欣茂. 废弃火炸药的處理与再利用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [2] 易建坤, 吴腾芳. 高热剂燃烧法销毁薄壁弹药的试验研究[J]. 火工品, 2005(1): 17-21.
- [3] 孙卫红, 高孔军, 刘波. 弹药处理废效费比分析研究[J]. 价值工程, 2016, 35(28): 213-214.
- [4] 高勇, 杜兴德, 张黎, 朱刚. 200 t 炸药一次性安全销毁的实施与思考[J]. 工程爆破, 2000, 6(2): 85-86+35.
- [5] 毛益松, 黄运秋, 刘炳琪. 爆炸物的销毁方法与组织实施[J]. 矿业研究与开发, 1997(S1): 123-125.
- [6] 何贤辉, 宋志伟, 宋彦超, 胡龙飞, 喻圆圆, 徐昉, 应俊. 废旧炮弹销毁分析与施工[J]. 价值工程, 2015, 34(35): 157-159.
- [7] 刘鹏, 张怀智, 郭胜强, 等. 废弃含能材料的露天烧毁[J]. 火工品, 2008(4): 53-56.
- [8] 黄博, 高文乐, 毕卫国, 孔祥洋. 80 t 乳化炸药一次性安全销毁的设计与实施[C]//第十一届中国煤炭学会爆破学术会议论文集. 第十一届中国煤炭学会爆破学术会议, 西安: 中国煤炭学会爆破专业委员会, 2010: 4.
- [9] 郭胜强, 曹宏安, 谢俊磊, 等. 实验室过期炸药燃烧销毁探究[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(6): 293-296.
- [10] 鲍国钢, 郝建春, 汪小清, 韩和亮, 王成牛. 钝化燃烧法销毁废 K·D 复盐起爆药[J]. 爆破器材, 2005(2): 28-29.
- [11] 程学玲. 关注废旧民爆物品的销毁[J]. 安全, 2010, 31(8): 19-20.
- [12] 苏海军. 浅谈对未爆弹药的销毁[J]. 西部探矿工程, 2003, 15(5): 85-86.
- [13] 王建, 文尚刚, 何智, 等. 压装高能炸药的燃烧转爆轰实验研究[J]. 火炸药学报, 2009, 32(5): 25-28.
- [14] 陈朗, 王飞, 伍俊英, 等. 高密度压装炸药燃烧转爆轰研究[J]. 含能材料, 2011, 19(6): 697-704.