

doi: 10.7690/bgzdh.2023.12.005

废旧弹药小型聚能销毁装置结构与试验

时党勇, 杨善平, 张昌旺

(陆军工程大学训练基地, 江苏 徐州 221004)

摘要: 废旧弹药销毁对于消除爆炸事故隐患具有重要意义, 基于土建施工过程中发现的各种废旧弹药爆破销毁安全需求, 运用聚能装药对带壳装药的冲击引爆原理, 设计一种小型聚能销毁装置。综合尺寸、威力和野外适应性要求, 优化确定销毁装置结构参数, 并进行静穿甲和冲击引爆模拟弹体试验。试验结果表明: 该销毁装置冲击引爆能力强, 对常见废旧弹药引爆可靠性高, 便于设置和使用, 可为类似装置设计提供参考。

关键词: 聚能装药; 爆破销毁; 静穿甲试验; 冲击引爆试验

中图分类号: TJ41 **文献标志码:** A

Structure Design and Test of Small Shaped Charge Destruction Device for Waste Ammunition

Shi Dangyong, Yang Shanping, Zhang Changwang

(Training Base, Army Engineering University of PLA, Xuzhou 221004, China)

Abstract: The destruction of waste ammunition is of great significance to eliminate the hidden dangers of explosion accidents. Based on the safety requirements of blasting destruction of various waste ammunition found in civil construction, a small shaped charge destruction device is designed by using the principle of impact detonation of shaped charge to shelled charge. Considering the requirements of size, power and field adaptability, the structural parameters of the destruction device are optimized and determined, and the static armor-piercing and impact detonation simulation projectile body tests are carried out. The test results show that the destruction device has strong impact detonation ability, high reliability for common waste ammunition, and is easy to set up and use, which can provide a reference for the design of similar devices.

Keywords: shaped charge; blasting destruction; static armor-piercing test; shock detonation test

0 引言

土建施工作业过程中, 经常会发现各种各样的废旧弹药。这些废旧弹药包括战争遗留爆炸物, 以及, 训练未爆弹药, 需要及时进行爆破安全销毁。目前, 常用的销毁方法是制作诱爆药包进行销毁, 尽管也有一些聚能销毁装置应用于废旧弹药等危险品销毁^[1-2], 但小型聚能销毁装置不常见。笔者设计了一种小型聚能销毁装置, 采用高效聚能装药技术, 体积小, 设置灵活, 可在 360°范围内任意对准目标, 野外适应地形能力强, 可以安全可靠销毁各种口径废旧弹药。此外, 由于该装置穿甲能力强, 也可用于采矿活动中岩石打孔、坚固物破除等作业^[3]。

1 小型聚能销毁装置技术指标

1.1 销毁技术原理

该销毁装置采用聚能结构技术原理, 利用炸药对药型罩的聚能效应, 产生高速金属射流, 穿透弹药壳体后对内部炸药进行冲击引爆^[4]。实现聚能装

药对废旧弹药的冲击引爆需满足 2 个条件: 1) 射流能可靠穿透弹体外壳; 2) 剩余能量能可靠引爆各种废旧弹药, 具有高引爆可靠性。

从冲击引爆敏感性上看, 目前废旧弹药中装填的炸药、发射药、推进剂和火工药剂等对聚能金属射流比较敏感, 在射流高速冲击下易于起爆, 但敏感程度不一。常用的炸药种类有 8701、DH、TNT、B 和 PBX 等, 研究表明 TNT 炸药对射流冲击感度相对钝感, 尤其是注装 TNT 对射流最为钝感。从弹药外壳壁厚来看, 85~155 mm 口径的弹药壁厚一般在 18.1~25.8 mm, 某些迫击炮弹弹壁较厚, 但也 ≤40 mm。结合上述 2 方面, 只要金属射流穿透 40 mm 的弹壁后, 依然能可靠引爆注装 TNT 炸药, 可以认为该装置能引爆各种常见废旧弹药。

1.2 技术指标参数

主要从 3 方面考虑技术指标: 1) 小型化, 主要指该销毁装置战斗部以及装配后整体的体积和质量都较小, 便于携带, 易于野外作业; 2) 大威力化,

使用大威力炸药(聚黑、奥克托金等)和高精度药型罩(紫铜)作为能量源,减少射流直径较小带来的冲击能量不足的影响,对较大口径范围和壁厚变化的废旧弹药均能可靠引爆销毁;3) 支架结构灵活,能够适应野外复杂环境,高度和姿态可任意调整。

文献[5-7]介绍了几种不同口径的聚能销毁器,其聚能装药直径包括 15、24、35、70、198 和 220 mm 等。文中分析和应用表明,直径较大的聚能销毁器(≥ 70 mm)虽然冲击引爆能力较强,但整体尺寸和质量较大,野外携带和作业设置不便。直径较小(≤ 35 mm)时,其引爆能力有限,仅能适合薄壳弹药。考虑到常见废旧弹药的口径和壁厚变化范围,为使所设计的聚能销毁装置有较好的弹药适应性,结合小型化、易于携带和使用的要求,最终确定该销毁装置主要参数技术指标为:

1) 外形及质量:聚能装药战斗部最大直径 ≤ 45 mm,高度 ≤ 80 mm,销毁装置整体质量 ≤ 650 g;

2) 静穿甲能力:对 45 钢靶,平均穿透深度 ≥ 140 mm,平均入口直径 ≥ 7 mm;

3) 穿透引爆能力:在 40~80 mm 炸高下,能可靠引爆口径 25~155 mm,壁厚 ≤ 40 mm,装药冲击感度不低于注装 TNT 的各种常见废旧弹药。

2 小型聚能销毁装置结构设计

2.1 聚能战斗部设计

聚能装药战斗部是该聚能销毁装置的核心结构。为满足外形尺寸、重量和穿甲能力要求,需要综合考虑聚能战斗部各设计参数^[8],如图 1 所示。

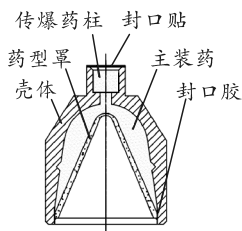


图 1 战斗部结构

1) 药型罩锥角。

聚能射流对弹药内部装药的引爆能力与射流的速度和直径有关,综合考虑侵彻能力和射流直径的相互影响,结合设计经验,选择锥角为 46° 。

2) 药型罩口径。

药型罩口径可以采用公式 $D=L/k$ 来进行计算。 L 为静穿甲能力, k 为系数。当锥角为 46° 时, k 可取 4.5,则可以计算出口径。考虑到设计裕度,确定口径 D 为 32 mm。

3) 壳体外径。

考虑到外径限制、强度和质量的平衡,参照相关设计,确定壁厚为 3 mm,壳体外径 D_0 为 38 mm。

4) 药型罩壁厚。

由药型罩壁厚经验关系 $\delta=0.033D_0$,确定药型罩壁厚为 1.25 mm。

5) 药型罩材料。

药型罩材料采用以铜为主体的金属粉末混合物,添加有钨、铅等多种金属以及少量有机添加剂。通过合适配比,使药型罩材料达到合适的致密度。

6) 传爆药和主装药。

考虑到起爆可靠性和爆炸威力,传爆药柱和主装药均使用聚黑-14 炸药,总药量为 17.9 g。

2.2 静穿甲深度计算

根据聚能装药穿甲深度经验公式计算静穿甲能力:

$$L=\eta(0.0118 \times 10^{-2} \times \alpha^2 + 0.106\alpha + 0.250 \times 10^{-7} \rho_0 D^2 - 0.53) l_M$$

式中: α 为药型罩锥角之半, $^\circ$; l_M 为药型罩母线长,mm; ρ_0 为装药密度, g/cm^3 ; D 为装药爆速, m/s ; η 为药型罩材料、加工方法及靶板材料对破甲的影响系数,这里取 $\eta=1.0$ 。

根据前述战斗部设计参数,以及装药密度 $\rho_0=1.70 \text{ g}/\text{cm}^3$,爆速 $D=8400 \text{ m}/\text{s}$,得到穿甲深度 L 为 167 mm。对于穿孔孔径,相关试验表明,聚能战斗部在钢靶上的穿孔孔径约为药型罩口径的 $1/3 \sim 1/2$,由此计算穿孔孔径为 10~16 mm。计算数据表明,所设计的小型聚能销毁装置战斗部的静穿甲性能满足技术指标参数要求,并有较高的设计裕度。

2.3 支架设计

支架是该销毁装置的重要组成部分,为使该装置能充分适应野外地形,高度和方向可调,实现任意角度和姿态设置,设计了柔性支架,同时兼顾强度和重心稳定性。支架由底座、转接头和万向管等构成,重心稳固,能够放置或刺入地面进行固定。

2.4 装配设计

综合考虑使用运输过程中的安全性,同时兼顾战斗部与支架的安装配合,设计了战斗部外壳,包括外壳壳体、端盖、连接件和雷管快速连接件。雷管快速连接件可以方便 8 号雷管与聚能战斗部快速免工具连接。最终所设计的小型聚能销毁装置战斗

部实物如图 2 所示，其外部直径为 45 mm，高度为 78 mm。装配完整的销毁装置如图 3 所示，其总质量为 640 g。

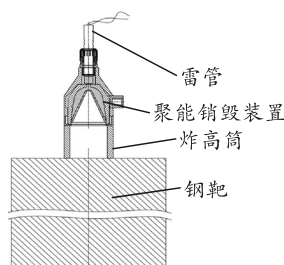


图 2 销毁装置聚能战斗部



图 3 装配完整的小型聚能销毁装置

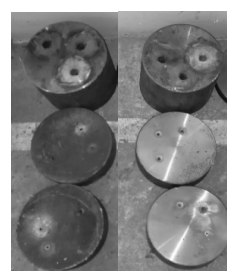
钢靶由 3 块钢锭组合而成，厚度分别为 120、40 和 20 mm。2 个钢靶共测试 6 次，每个钢靶测试 3 次，试验现场照片和结果如图 4 所示。



(a) 静穿甲设置



(b) 静穿甲试验设置



(c) 试验效果

图 4 销毁装置静穿甲试验

3 小型聚能销毁装置性能试验

3.1 静穿甲性能试验

为考察销毁装置静穿甲性能，进行试验测试。在试验场地放置好 45 号钢靶，在钢靶上装配炸高筒、销毁装置战斗部，使用 8 号电雷管进行起爆。

静穿甲试验结果如表 1 所示。不同炸高情况下，平均穿孔深度 > 160 mm，平均穿孔直径 > 10 mm，表明该小型聚能销毁装置静穿甲能力完全满足指标要求。

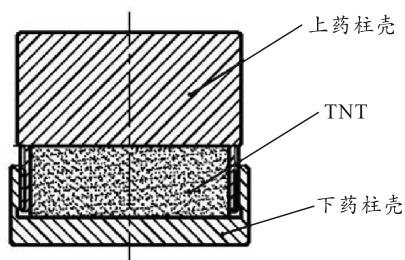
表 1 静穿甲试验数据

mm

序号	炸高	穿孔深度	穿孔孔径	平均穿孔深度	平均穿孔孔径	备注
1	40	158	10.15×10.27	160	10.10×10.19	
2	40	162	10.05×10.11	160	10.10×10.19	
3	60	173	12.11×11.75	175.5	11.90×11.81	钢靶平均穿孔深度 ≥ 140，平均穿孔孔径 ≥ 7
4	60	178	11.69×11.87	175.5	11.90×11.81	
5	80	162	10.21×10.12	160.5	10.20×10.10	
6	80	159	10.19×10.07	160.5	10.20×10.10	

3.2 冲击引爆模拟弹体试验

为测试对常见废旧弹药的冲击引爆性能，进行了不同炸高情况下的冲击引爆试验。废旧弹药采用模拟弹体，将其简化为带壳装药。模拟弹体由上药柱壳、TNT 和下药柱壳组合而成。壳体材料均为 45 号钢，上药柱壳厚度为 40 mm，试验中采用的模拟弹体如图 5 所示。试验现场设置如图 6 所示。

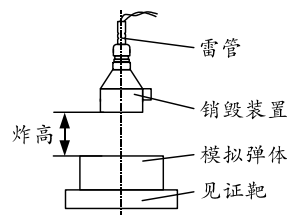


(a) 模拟弹体结构



(b) 模拟弹体和见靶

图 5 试验中采用的模拟弹体



(a) 冲击引爆试验