

doi: 10.7690/bgzdh.2023.09.005

弹药销毁中底火水下击发柔性技术研究

常康乐, 龚泽运, 闫青春, 王 炎

(中国人民解放军 32736 部队, 河南 洛阳 471000)

摘要: 针对底火处理技术需求, 通过研究底火工作原理以及报废底火处理方式, 分析判断水下底火处理技术可行性, 并结合柔性制造技术与水下底火处理技术应用特点, 分析柔性技术在底火水下击发设备研制中的可行性和应用方式。结果表明, 通过分析可提出柔性水下底火击发设备研制方案。

关键词: 柔性技术; 底火; 水下击发

中图分类号: TJ45⁺1 **文献标志码:** A

Research on Flexible Underwater Firing Technology of Primer in Ammunition Destruction

Chang Kangle, Gong Zeyun, Yan Qingchun, Wang Yan

(No. 32736 Unit of PLA, Luoyang 471000, China)

Abstract: According to the requirements of primer treatment technology, the feasibility of underwater primer treatment technology is analyzed and judged by studying the working principle of primer and the treatment mode of scrapped primer, and the feasibility and application mode of flexible technology in the development of underwater primer firing equipment are analyzed by combining the application characteristics of flexible manufacturing technology and underwater primer treatment technology. The results show that the development scheme of flexible underwater primer firing equipment can be put forward through the analysis.

Keywords: flexible technology; primer; underwater firing

0 引言

底火处理作为报废弹药销毁的重要环节之一, 具有处理工艺简便的特点, 但随着智能化、自动化的发展, 人们环保意识的增强, 以及我国报废弹药逐渐呈现出多批量、多种类的特点, 依靠信息化手段完成多品种、多批量底火安全处理, 并达到环保效果的底火处理技术需求愈加强烈。

1 底火工作原理

底火是指在机械能或电能作用下能产生强烈火焰, 以引燃点火或发射药的弹药元件。其作用是将武器系统中发射用机械能(击针撞击)或电能转化为热能(火焰)以点燃发射装药, 是发射装药传火序列的第一级火工品。

以图 1 所示底火为例, 其工作原理为: 击针撞击底火体, 击发剂在底火体与发火砧相互作用下点火, 能量瞬间冲破箔片, 将点火药点燃, 而后将能量传递至黑药柱, 在封口片的作用下, 黑火药聚集巨大的能量, 冲破封口片, 点燃发射装药; 因此, 底火的作用可以理解为能量放大装置, 将其他能量

转化并放大为可以使发射装药发生作用的元件。

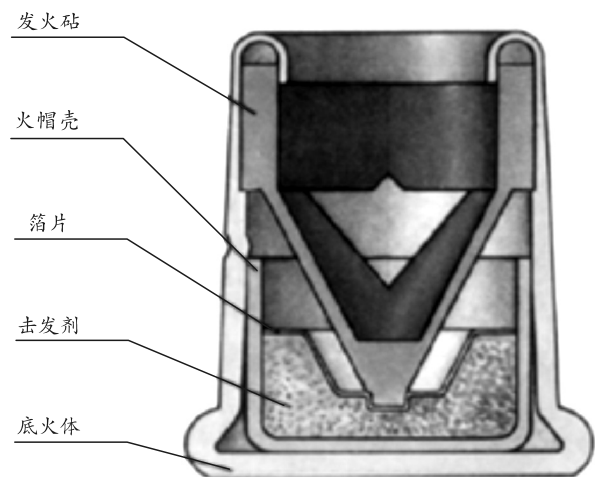


图 1 底火结构

由于底火内部装药含有黑火药, 而黑火药易受潮, 受潮变质后, 点火困难, 燃速减慢, 火焰能力小; 因此, 底火设计为增强火焰向上喷射速度, 确保能够瞬时高速完成对发射药的点燃, 通常在底火上端采用闭气塞结构, 具有良好的密闭性, 能确保长期储存, 为底火水下击发奠定了基础。

2 底火处理方式

底火处理技术随着弹药销毁技术发展而发展，可划分为初级、机械化和现代化3个处理阶段^[1]，如表1所示。

表1 底火处理阶段

阶段划分	使用方法	优缺点
初级处理阶段(1970年前)	深海倾倒：通过海水腐蚀使弹药失效	优点：无需设备，简单方便 缺点：污染海洋，对航海造成安全威胁
	集中烧毁、炸毁，使其失效	优点：高效量大 缺点：污染环境、危险性大
机械化处理阶段(1970-1990年)	人工操作机械化设备完成作业	优点：作业效率高、可回收性强 缺点：专业性强、危险系数高
现代化处理阶段(1990年后)	采用计算机技术，极大提高了自动化、智能化水平	优点：设备可靠性好、安全程度高、作业效率高、环保，重复利用得到提升 缺点：涉及领域多、设备集成度高、维修难度大

通过上表可以看出，底火处理效率在初级处理阶段主要依靠自然环境的恢复能力，机械化以及现代化阶段主要依靠设备能力，设备科技水平高低作为制约底火处理技术的要素，需着重分析。

2.1 机械化处理阶段

机械化处理方式是当前我军主要采用的处理方式，代表性设备有VDJ-3001型炮弹底火击发机、VDJ-3005型小口径枪弹底火击发机和VDJ-3007型大口径枪弹底火击发机。以VDJ-3001型炮弹底火击发机为例，该设备具有自动上弹、自动退弹和判定瞎火停机等功能，但仍存在以下缺点。

2.1.1 具有一定危险性

作业时弹药药筒口部虽有挡架遮挡，但在底火发火时仍有部分底火碎片飞出，给作业人员造成一定危险。

2.1.2 具有较大污染性

底火击发伴随着较大噪音以及有毒有害气体、颗粒等，噪音污染和环境污染明显。不仅影响着作业人员身体状况，而且对环境造成巨大影响。

2.1.3 作业影响因素多

由于作业过程伴随着大量烟尘等物质，作业环境无法在室内进行；因此，气候因素对作业进度有较大影响。当出现未击发底火时，设备将自动停止，需人工取下药筒进行处理，一定程度阻碍了作业效率。

2.2 现代化处理阶段

现代化处理阶段主要是指在机械化基础上，利用自动化、智能化等技术，改善底火处理环境，提高作业效率。从21世纪初开始至今，国外报废弹药销毁处理技术正在向柔性化、自动化的方向发展，并在保证安全可靠的前提下，更加注重操作的自动化、信息化和智能化，而我军在现代化底火处理技术方面尚处于空白阶段。

为解决我军现有设备存在的诸多弊端，通过分析国外处理技术，发现简单有效的一种措施便是水下销毁，即将待销毁弹药放置于水下，进而引爆底火，利用水流充当缓冲介质，吸收爆炸产生的能量^[2]，消除有毒气体。该方式具有如下特点。

2.2.1 环境污染较小

空气中底火销毁所处的环境介质为空气，而水下底火销毁则是水介质。空气由于其成分含量密度较小，易于压缩^[3]。常温状态下水密度较大，不可压缩，根据资料，当压力为100 MPa时，水的密度变化仅为0.05；因此，当底火在水中被击发时，爆炸能量将被水介质吸收，从而达到消音效果；而爆炸产生的C、S化合物将融入水介质，从而达到消烟、消焰目的。

2.2.2 安全可靠性强

水下底火击发时，利用机械设备将底火沉浸于水下进行击发，爆炸物完全被水介质包围，从根源上切除了次生爆炸危害源，又由于水的压强压力，使得爆炸过程完全处于水下，从而保障了水下底火击发销毁的安全可靠。

2.2.3 外部影响较小

水下底火击发设备可实现室内作业，确保了作业环境人为可控，减少了外部环境造成的影响。

通过以上分析可以看出，水下底火击发销毁具有更多优点，也是各国销毁技术发展重点；因此，研究发展底火水下击发具有重要意义。

3 柔性设计原理

柔性技术是对具有一定差异的加工对象实现程序化柔性加工的各种技术的总和，将制造技术发展过程中形成的各种分散系统集成优化^[4]，以工艺设计为先导，以数控技术为核心，是自动化地完成多品种、多批量的加工、制造等过程的先进技术^[5]。随着我军作战理念、作战方式的转变，新型弹药的

生产储存向多品种、少批量方向转化。且随着实战化进程的深入推进，部队训练演练更加频繁，弹药消耗量不断增多，弹药的生产与消耗逐步达到平衡，新产生的报废弹药逐渐减少；因此，报废弹药销毁的也由少品种、大批量朝着多品种、小批量方向转变。这种多品种、小批量报废炮弹的处理模式，与柔性生产的组织模式具有高度相似性和实现可能性。

3.1 设计工艺

“柔性”是指具有可调节性，具有可靠地通用性；因此，解决水下底火击发设备关键在于研究现有报废弹药底火击发时存在的相同和不同点，并能可靠地将两者进行融合。

通过分析发现，现有报废弹药绝大部分底火都位于弹药药筒底部中心，并且药筒形状均为轴对称结构，这便是相同点^[6]，如图 2 所示，由于适配武器不同，因此弹药口径具有一定差异，这也就是不同点。可以看出，水下底火击发设备主要是通过某种装置实现夹取不同口径弹药而达到“柔性”概念；因此，采用转盘结构，依托可调节机械手来实现“柔性”夹持弹药是具有可行性的。

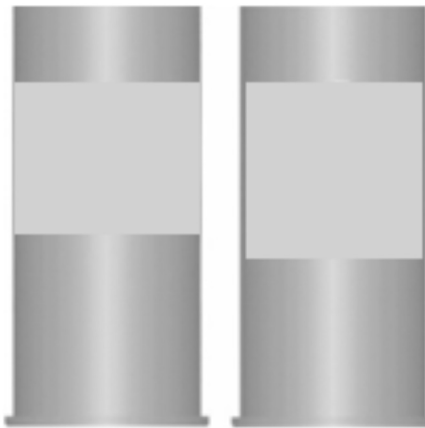


图 2 部分弹药药筒样式

3.2 研制关键

3.2.1 底火击发机构

底火击发机构应满足实现自动压缩、释放全过程，具有足够的稳定性；因此，击发机构应使用压缩弹簧撞针击发形式，并考虑水下的阻力问题，水下机械部件应进行防锈处理，保证可靠持久地运行能力。

3.2.2 底火击发判断

水下底火击发正常时，压力波首先在物体内部

产生，再传播到周围介质中去，压力波的产生是固体爆炸物质转化为气态反应物时的一系列反应过程，当爆炸完成后压力波瞬间继续传递至周围水介质，形成气泡脉冲，从而导致水介质内发生波动。

根据冲击波压力与时间变化关系式^[7]：

$$P = P_0 \cdot e^{-t/t_0} \quad (1)$$

式中： P 是激波前沿开始之后时间为 t 时的瞬时压力； P_0 是在 $t=0$ 时产生的峰值压力； t_0 是指数脉冲的时间常数； P_0 和 t_0 均为炸药量和距离 r 的函数，由于炸药爆炸是以每秒 5 000~10 000 m 的速度进行，因此水下底火击发时爆轰持续时间极短。图 3 表示重量为 9 g 的某炸药水下爆炸脉冲的压力曲线^[8]，可以看出某一时刻，瞬时压力极高，通过捕捉这一波动，进行分析，即可判断底火是否击发。

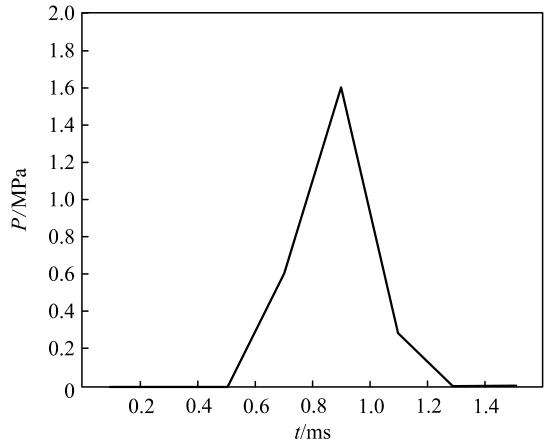


图 3 水下爆炸脉冲压力

为防止转盘旋转时的水流干扰信号捕捉，应当将信号捕捉设备设置为可调节阈值，以便根据不同弹药类型设置不同数值捕捉界限，达到针对不同药量底火可辨别，对异常波动不识别的功能。

3.3 其他问题

3.3.1 安全性问题

通过机械限位机构将定行程运动的部件或组件的活动范围限制在安全范围内，使其不会空走超出设计范围造成危险；对裸露在外的传动系统加装防护装置；各部件位置信息应采用一定的电感式传感器和磁感应开关进行检测，确保各动作安全可靠。

3.3.2 水介质更换

底火水下击发后，产生的大量有毒气体、颗粒将直接溶于或混于水中，从而导致水中存在着大量电子、离子等，容易对机器设备造成一定腐蚀；因此，水的适时更换非常必要。对已污染水质，必须

采取可靠地净化手段,确保排放时尽可能减少污染。

4 设备构想

通过以上分析,提出如图4所示样机设计方案,该设备由上料装置、水槽、转盘、击发机构、能量收集装置、击发判定传感器;下料装置和废气排放装置等组成。其工作过程为人工将待击发药筒放置在上料装置滚动溜槽上,药筒依次滚动至转盘相应卡槽内,转盘每转动一个工位,装卡一个药筒。转盘带动药筒沿滑道旋转至水槽内底火击发位置,击发机构动作,击发底火。若底火被成功击发,能量收集装置将能量传导至击发判定传感器,判定为成功击发;若底火未被击发,传感器没有感应,判定为未击发。击发后的药筒继续由转盘沿滑道旋转至下料工位,根据击发判定传感器的信号,由下料装置的气缸驱动下料推杆来推送药筒分别下料,人工进行收集。

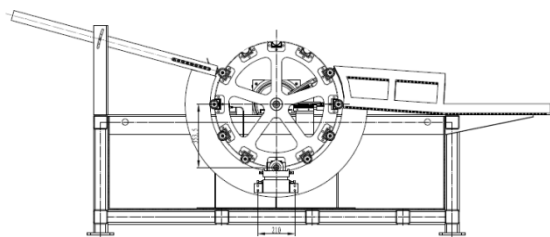


图4 底火水下击发设备结构

根据相应标准要求,电气部分应采用无触点电路,电气管路应进行防爆处理,防静电应符合JXB110—91《弹药储存和技术处理防静电规范》、GJB2527—96《弹药防静电规则》、WJ1913—2004《弹药装药装配生产防静电安全规程》,部分技术参数如表2所示。

表2 设备技术参数

指标	指标值
底火击发力/N	400
作业能力/(发/h)	600
转盘转速/(r/min)	1
电源	380 V/220 V±10% 50 Hz±2%
连续工作时间/h	8

击发机构使用压缩弹簧撞针击发形式,弹簧压缩的动力来源采用滑台气缸^[9]。气缸以固定行程往

复运动,拨放机构自动释放撞针。为保证气缸使用的稳定性,滑台气缸组件安装在水槽外,通过连杆机构,驱动撞针。撞针组件位于水下,考虑到水下的阻力问题,撞针筒设置排水孔。位于水下的机构部件均进行防锈处理,保证其可靠性及稳定性。

判定底火是否成功击发,采用的检测方式是利用底火击发时产生的冲击水流,带动能量收集装置的拨片,通过机械机构把拨片的摆动传递到击发判定传感器^[10]。

5 结束语

水下底火处理由于其安全性强、环境污染较小和可靠性强等优点,将成为未来销毁底火的主要发展趋势,通过研制柔性设备,提高水下击发装置的通用性,推动底火销毁技术的发展。笔者提出具有可行性的水下底火击发销毁设备样机,但水下底火销毁技术涉及面广,仍需大量实验来推动技术发展。

参考文献:

- [1] 黄鹏波,张怀智,谢全民,等. 废弃常规弹药销毁技术综述[J]. 工程爆破,2013,19(6): 53-56.
- [2] 程刚. 水下防护结构的爆炸冲击动力学仿真[J]. 兵工自动化,2006,25(5): 3-4,9.
- [3] 蒋飞,吕胜涛,韩峰,等. 爆炸空气冲击波技术在反恐破门中的应用[J]. 兵工自动化,2010,29(8): 4-6.
- [4] 杨正琦. 兵工企业柔性化改造的途径[J]. 兵工自动化,1996(4): 17-20.
- [5] 于靖军,郝广波,陈贵敏,等. 柔性机构及其应用研究进展[J]. 机械工程学报,2015(13): 53-68.
- [6] 史慧芳,李作武,刘彬,等. 一种新的小口径炮弹紧扣装置[J]. 兵工自动化,2011,30(4): 12-17.
- [7] 库尔 P. 水下爆炸[M]. 罗耀杰,译. 北京:国防工业出版社,1960: 67-85.
- [8] 潘正伟. 水下爆炸-高功率宽频带的水声干扰源[J]. 南京理工大学报,1999,23(6): 507-509,526.
- [9] 简月敬,何永,黄欢. 基于 ABAQUS 的某火炮击发机构碰撞仿真分析[J]. 兵工自动化,2012,31(10): 8-11.
- [10] 陈兴国,刘延刚. 废枪弹处理的自动分选和控制问题的研究[J]. 兵工自动化,1996(3): 33-35.