

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2013.02.007

# 含退役火药新型高爆速震源药柱配方和工艺的研究<sup>\*</sup>

贾占山 卜宪强

吉林省三三零五机械厂(吉林敦化,133709)

[摘 要] 根据退役发射药品种、规格型号、性质不同,解决发射药粉碎和推进剂切割加工技术的问题。含退役火药乳化炸药以  $\varnothing 60\text{mm}$  内装药,配置 150g 传爆药柱,产品密度在  $1.40 \sim 1.43 \text{ g/cm}^3$  之间,爆速可达到  $6300 \text{ m/s}$ ,爆炸连续性达 12kg。通过实验数据,分析了发射药粉粒度、密度、装药直径对爆速的影响。在上述配方基础上压入推进剂,可使密度提高到  $1.47 \text{ g/cm}^3$ ,爆速达到  $7300 \text{ m/s}$  以上,同时储存期可达到 2 年以上,性能优于铍梯高爆速震源药柱,成本低廉,无污染。为退役火药的综合利用开辟新途径。

[关键词] 退役发射药 乳化炸药 震源药柱 资源化利用

[分类号] TJ510 TQ56

## 引言

目前,本单位每年都有大量待处理的废旧发射药,品种多、数量大。废弃火炸药是一种危害大的污染源,需要对其妥善处理<sup>[1]</sup>。本文研究的利用退役发射药制造震源药柱,是根据王泽山院士关于含退役发射药浆状炸药和粉状炸药的研究基础上,进一步研究双基药及双基推进剂加工、切割、切削装药等有关技术。含退役火药震源药柱<sup>[2-3]</sup>是采用乳化基质粘联性强,有一定流动性,利于搅拌、防水性强、密度大等特点,能够与发射药粉紧密结合,形成具有爆炸性能稳定、安全性强的产品。

### 1 火药的性质

本文所称退役火药是指单基发射药、双基发射药和双基推进剂。

#### 1.1 单基发射药的性质

单基发射药大部分是颗粒状,其主要成分是硝化纤维素,通常质量分数 95% 以上。单基发射药 5/7 药粒的理论密度  $1.55 \text{ g/cm}^3$ ,氧平衡是  $-0.357 \text{ g/g}$ <sup>[4]</sup>。发射药粒无雷管感度,即使用强力起爆也爆炸不完全。所以,只有将其加工成一定细度,才能提高其起爆感度。

#### 1.2 双基发射药的性质

双基发射药是由硝化棉经过难挥发性溶剂硝化甘油、硝化二乙二醇或其它硝酸脂塑化而成,硝化棉和液态硝酸脂是双基药的能量组成部分。以使用较多的双芳—3 为例,其氧平衡值为  $-0.523 \text{ g/g}$ <sup>[5]</sup>。

#### 1.3 双基推进剂的性质

推进剂的组分是由无机氧化剂(高铝酸盐或硝酸盐)均以分散的高分子粘合剂为主要成分,是以圆柱体形状为主,直径、长度大小不一。密度在  $1.60 \sim 1.64 \text{ g/cm}^3$  之间。

炸药通常由碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)4 种元素组成。碳、氢是可燃元素,氧是助燃氧化剂,氮是载气体<sup>[6]</sup>。参与爆炸反应的氧化剂和还原剂大多是两种物质,而在发射药中,无论是单基药、双基发射药、还是双基推进剂中的主要组分却是同一种物质,既含有氧化剂元素、又含有还原剂元素。由于本身含较高的内能,能够以稳定燃烧的形式释放,并对外作膨胀功。当起爆能量较大时,能以爆轰形式释放出来。通过实测,单基、双基发射药作功能力分别是 336 mL、344mL。因此,利用退役发射药制造震源药柱,是能源再利用的有效方法。发射药及炸药能量参数见表 1<sup>[5,7]</sup>。

### 2 发射药的加工

粉碎加工的目的,是将不能参与爆炸反应的发射药颗粒粉碎至所需要的粒度。

1) 单基药的加工,是把单基发射药选料、压片后,再通过粉碎机进行细碎,并达到一定细度。然后进行离心脱水,即成为所需发射药粉。药粉中含有一定水分,粒度应控制在一定范围。药粉细度由粉碎机的筛网控制。为了保证加工的安全,所有加工过程都是在水中进行的。压延时水料比不小于 1:10,细碎时水料比不小于 1:8。发射药粉碎工艺流程如图 1。

\* 收稿日期: 2012-11-05

作者简介: 贾占山(1963 ~),男,工程师,主要从事炸药生产工艺的研究。E-mail: jzs9605@163.com

表 1 发射药及常见炸药性能和能量比较

Tab.1 Properties and energy comparison between propellants and common explosives

炸药名称	密度/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	爆速/ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	爆热/ ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	比容/ ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ )
单基药	1.60	7077	3663	948
双基药	1.56	7500	3173	1011
2 号岩石 铵梯炸药	1.00	3456	3689	924
浆状炸药	1.15	3850	3174	890
铵油炸药	1.02	3000	3684	986
岩石乳化 炸药	1.38	5200	3720	792

表 2 乳化炸药配比

Tab.2 Proportion of emulsion explosive

组分	硝酸铵	硝酸钠	乳化剂	油相材料	水
质量 分数	75 ~ 79	7 ~ 9	1.5 ~ 2.0	3.6 ~ 4.1	9 ~ 10

表 3 含退役火药乳化炸药配比

Tab.3 Proportion of emulsion explosive containing waste propellants

组分	乳化基质	发射药	起爆药柱
质量分数	60 ~ 70	25 ~ 35	6.5 ~ 7.5

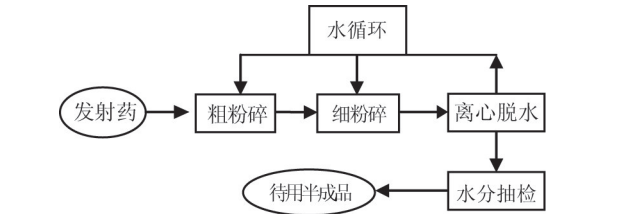


图 1 发射药粉碎工艺流程

Fig.1 Propellant powder smash process

2) 双基药的加工工艺和单基药相同,只是在投料方式上与单基药不同。

3) 推进剂的粉碎,需要先经过 80 ~ 90℃ 热水预热 20min,软化后经切片机切成厚度为 3 ~ 5mm 薄片,经锤片机打成碎片。再按单基药加工方法进行,得到所需药粉。由于推进剂直径较大,长度也不统一,为了达到产品所需尺寸,需要进行切割。切割时使用有齿锯片的切割机,设有定位装置、高压水管等,锯片在旋转时水流随锯片做切线运动,起到了降温、冷却作用。由于是带齿锯片,锯齿与推进剂是点接触,水能够从锯齿空间进入切割点,起到润滑和隔离作用,缓冲激烈的摩擦和撞击作用,从而减小了推进剂表面形成局部“热点”的几率和“热点”传播的几率。因而解决了切割过程中的安全问题,为震源药柱生产工艺创造良好条件。

3 含火药乳化炸药的制备

3.1 配方

为了提高乳化炸药的爆热和比容,考虑到震源药柱整体爆炸体系,遵守零氧平衡原则,确定乳化炸药配比,见表 2。

按上述配方制成乳化基质,再与发射药粉结合,配置定量的起爆药柱,确定含退役火药乳化炸药<sup>[8]</sup>配方,见表 3。

3.2 工艺过程

将水相、油相按表 2 所述比例配比,然后加热溶化,当温度达到 105 ~ 110℃ 时,经乳化器乳化得到乳化基质。乳化基质的温度为 100 ~ 110℃,密度在 1.35 ~ 1.38 g/cm<sup>3</sup> 之间。

再将粉碎好的发射药药粉按比例混入乳化基质,然后搅拌均匀,形成含退役火药的乳化炸药。乳化基质与单基发射药搅拌时,有一定粘稠状,成半固体状态。当与双基发射药粉和推进剂药粉搅拌时,与单基药粉相比状态偏稀,原因是双基发射药和硝酸脂塑化和推进剂高分子粘合剂在受热过程软化所致,使用双基药粉和推进剂药粉时,乳化基质温度应相应较低。将含退役火药的乳化炸药压入 Ø60mm 塑料壳内,使用 130gTNT 药柱起爆,其性能如下:

1) 物理性能。外观:常温下为软固体胶凝状态,内部结构发射药粉为分散相,乳化基质为连续相。密度:1.40 ~ 1.43 g/cm<sup>3</sup>。2) 爆炸性能(Ø60mm 塑料筒)。爆速:6000 ~ 6300 m/s;殉爆距离:8cm;爆炸连续性:12kg;高低温爆炸完全性(50 ~ -40℃):爆炸完全;抗水压试验(0.4MPa):爆炸完全;跌落试验:不燃不爆;联接力:98N。

3.3 起爆药的配置

由于含火药震源药柱所用乳化基质、推进剂都无雷管感度,尤其推进剂,即使使用 300g 粉状炸药起爆,爆炸都不完全。需要配一定能量的猛炸药做传爆药,解决爆炸完全性问题,并提高爆炸初速度的起爆能量,有利于爆轰波的传播。试验情况见表 4。

实验表明,具备起爆条件的猛炸药为钝化黑索今药柱 120g,梯恩梯药柱 150g。这两种药柱是常用的起爆药,第一种起爆效果最好,但是原材料来源少,成本高,感度大,安全性小,并且加工工艺复杂;

表 4 起爆药的爆炸效果试验

Tab. 4 Explosion parameter of primary explosive			
起爆药名称	质量/g	被起爆药名称	起爆效果
铵梯炸药	300	推进剂	爆炸不完全
梯恩梯	120	推进剂	爆炸不完全
钝化黑索今	120	推进剂	爆炸完全
梯恩梯	150	推进剂	爆炸完全

使用 TNT 药柱尽管药量略有增加,也同样能满足性能要求,并且成本低,工艺简单。

4 含退役火药震源药柱配方

试验表明,无论是单基药粉、双基药粉及双基推进剂药粉,必须保持一定的细度,才能既保证质量又起到敏化作用,提高炸药的起爆感度,有效维持爆炸体系的稳定爆轰。所以,发射药的质量分数比例显得重要。当质量分数较少时,影响爆炸性能。当质量分数过大时,性能不但不提高,还出现破乳结晶现象,影响储存性能。乳化基质起到了分散作用,调整氧平衡,并降低机械感度,因此要控制好药粉和基质质量分数,使基质质量分数控制在一定范围内。起爆药解决了爆炸完全性问题,震源药柱中火药使用量达到 65% 以上,达到利用的目的。含退役火药震源药柱的质量分数变化范围见表 5。

表 5 含退役火药震源药柱的质量分数

Tab. 5 Mass fraction of seismic charge containing waste propellants					
					%
组分	乳化基质	发射药粉	推进剂	附加物	起爆药
质量分数	28 ~ 45	15 ~ 38	35 ~ 40	2 ~ 6	6.5 ~ 14

5 含退役火药震源药柱工艺<sup>[9]</sup>

5.1 工艺流程

先将乳化基质投入搅拌机内,投入发射药粉,然后进行搅拌。均匀后进入装药机内进行装药。计量后再压入起爆药柱及压盖,最后进行清洗、包装。制作高爆速型时,在装药后再压入一根推进剂。工艺流程见图 2。

5.2 工艺的控制

投料时必须先投乳化基质,再投发射药粉,以减少机械摩擦。乳化基质的温度应控制在 100℃ 以下,既能控制热感度,又能起到分散作用。搅拌时间应控制在 5 ~ 8min 之间,时间过短,搅拌不均匀;时间过长,乳化基质会破乳,影响产品性能。压入起爆药柱时应轻拿轻放。

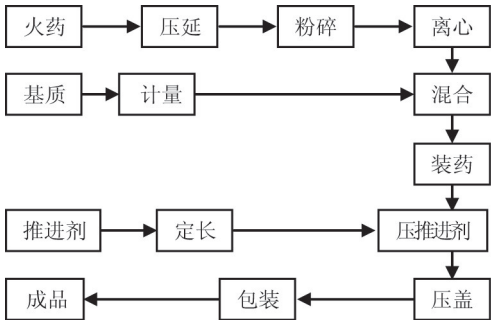


图 2 含退役火药震源药柱工艺过程

Fig. 2 Process of seismic charge containing waste propellants

6 含退役火药震源药柱性能

由于双基推进剂的能量比发射药和炸药都高,为了能够得到充分利用,将推进剂进行改型处理,加入到含火药乳化炸药中,能够更好发挥能量和提高爆速的作用,为此进行了一系列实验。按照上述在含火药乳化炸药工艺的基础上,压入推进剂并分别进行实验和测试。含退役火药震源药柱和铵梯震源药柱的性能指标见表 6<sup>[10]</sup>。

表 6 含退役火药震源药柱和铵梯震源药柱的主要性能指标

Tab. 6 Main performance index of seismic charge containing waste propellants and ammonium nitrate seismic charge		
产品规格	内装药密度/ (g · cm <sup>-3</sup> )	爆速/ (m · s <sup>-1</sup> )
含单基震源药柱	1.43 ~ 1.46	7000 ~ 7460
含双基震源药柱	1.45 ~ 1.47	7000 ~ 7300
推进剂震源药柱	1.45 ~ 1.47	7000 ~ 7500
低密度震源药柱	1.00 ~ 1.20	3500 ~ 4000
中密度震源药柱	1.20 ~ 1.40	4000 ~ 5000
高密度震源药柱	≥ 1.40	≥ 5000

实验数据表明,含火药震源药柱的爆速完全达到 7300 m/s 以上,按 GB1563 标准要求,属于高爆速Ⅲ型,含火药震源药柱与铵梯高爆速震源药柱相比,性能上有很大的优势。

由于铵梯震源药柱产品毒性较大,TNT 使用量较大,价格较高,产品原材料成本较高,相应产品价格就高,TNT 用量大,生产过程安全性较低,运输、储存、生产加工过程的危险大。而含退役火药震源药柱火药使用量达到 65% 以上,无毒害、且成本低廉,具有市场竞争优势。

6.1 含退役火药震源药柱产生高爆速的爆炸机理

通过试验得知,乳化基质和发射药粉结合,起到了爆炸连续性的作用。发射药粉在体系中起到了敏



化作用,使爆炸体系中的感度提高和爆炸能量增大,能够反映出高温、高压、高功率,使爆轰波得以稳定的传播。

6.2 发射药药粉粒度和密度对爆速的影响

根据炸药爆炸理论,爆炸反应物的颗粒越细,爆炸反应时,在爆轰区内完成化学反应所需时间就会越短,使得反应区变窄,爆轰波受侧向膨胀波的影响减弱,反应区中支持爆轰波传播的有效能量增加,从而使爆速提高。所以发射药药粉粒度应控制在一定范围内,保证一定量微细粉来提高爆轰感度<sup>[11]</sup>。

含退役火药震源药柱的密度与发射药的质量分数有关,因为乳化基质本身密度在 1.35~1.38 g/cm<sup>3</sup> 之间。当发射药粉质量分数增加时,密度随之增大,在控制质量分数范围内震源药柱的密度范围在 1.37~1.43 g/cm<sup>3</sup> 之间。当压入推进剂作高能型震源药柱时,密度可达 1.45~1.47 g/cm<sup>3</sup>。试验得知密度越大,爆速越高。

6.3 直径与爆速的关系

试验得知,无论是单基药还是双基药粉制作的震源药柱,在直径较小的情况下,能获得高爆速,说明其极限直径较小。主要原因是乳化基质与发射药粉结合后,形成密度较大,和高能量起爆关系所致。

实验结果表明,在相同粒度、起爆条件下,双基药粉的临界直径大于单基药粉,当发射药粉较细时,临界直径也相应较小,单基药粉爆轰极限直径不小于 45mm。由于含火药乳化炸药密度达到 1.37~1.42g/cm<sup>3</sup>,其极限直径也较小,直径范围为 30~60mm,通过实验可知,含退役火药乳化炸药的极限直径为 60mm,详见图 3。

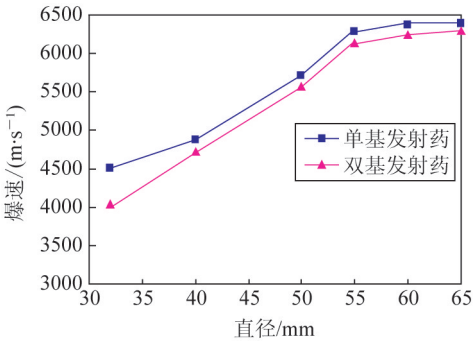


图 3 含退役火药乳化炸药直径对爆速的影响

Fig.3 Influence of the diameter of emulsion explosives containing waste propellants on detonation velocity

6.4 含退役火药震源药柱的相容性

在混合物体系或相接触物质之间,能够保证所发生的变化不超过允许范围的能力,称为物质的相容性。凡是加入体系之后使组分之间热分解或其它

反应速度明显增加的物质,就是与体系不相容的物质。显然,一个混合物体系中的组分相容性较好时,体系的稳定性较好,相应的安全储存期也较长。从储存性能看在 24 个月中仍然稳定,说明是相容的。

含退役火药震源药柱的组分中,主要是乳化基质和发射药粉之间的相容性。根据试验,热分解的变化情况不明显。实验中以单基药为实验对象,进行了单基发射药与乳化基质的 DTA 分析,结果见表 7。

表 7 发射药与乳化基质的 DTA 分析结果

Tab.7 DTA analysis of propellants and emulsion matrix				
样品	配比	样品质量/ mg	峰温/ ℃	峰温差/ ℃
单基药	—	3.3	207	—
乳化基质/ 单基药	7 : 3	3.7	203	+2

实验结果表明,单基药和含退役火药乳化炸药具有相似的热感度,其发火点基本相同,都处于军用、民用的含能材料热感度范围之内,其热感度与组分相容性满足使用要求。

6.5 含退役火药震源药柱的储存性能

在实际储存条件下,对 2006 年 5 月生产的产品,测试含退役火药震源药柱在不同储存期的性能状况,在考察期内,主要观察震源药柱的外观,测试其爆速和传爆性能,在 2 年内满足 GB1563 标准要求,其结果详见表 8。

表 8 含退役火药震源药柱的长储性能结果

Tab.8 Long-term storage result of seismic charge containing waste propellants				
储存期/ 月	外观	密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	爆速/ (m·s <sup>-1</sup> )	爆炸连续性/ kg
0	正常	1.44	7426	12
6	正常	1.45	7423	12
12	正常	1.44	7460	12
18	正常	1.43	7438	12
24	正常	1.45	7380	12
30	略软	1.43	7330	4

7 含退役火药震源药柱的应用

含退役火药震源药柱,具有高能量<sup>[12]</sup>、密度大、爆速高、防水能力强、安全性可靠等优点。能够满足地质勘探需要,可提高所得图谱资料的分辨率,使用范围广泛。

本产品经新疆塔里木盆地西部勘探事业部和南

京 6114 地质勘探队,进行试验使用和对比,各项性能指标均已满足要求。

## 8 结论

含退役火药震源药柱,是根据单基药、双基药及双基推进剂的性质不同,运用发射药粉碎、切割、切削等技术,有针对性进行配方、工艺研究,以乳化基质与发射药粉为内装药,压入推进剂和配置起爆药,产品具有高密度、高爆速的性能,本产品与铵梯高爆速震源药柱相比有很大的优势。

该震源药柱生产过程工艺简单、安全可靠、无污染、无“三废”排放。扩大了退役发射药的使用范围,使用量大,成本低廉,更具有市场竞争优势,为震源药柱增加了新品种。本产品已获得国家发明专利,更具有推广和应用价值,为退役火药的综合利用开辟新途径。

## 参 考 文 献

- [1] 廖静林,江劲勇,路桂娥,等. 废弃火炸药的处理与再利用研究[J]. 装备环境工程,2010,7(4):108-111.  
Liao Jinglin, Jiang Jinyong, Lu Gui'e, et al. Research of obsolete explosive and propellant utilization and recycle [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(4): 108-111.
- [2] 李公华. 新型高爆速震源药柱研究[J]. 煤矿爆破, 2010(3):27-30.  
Li Gonghua. Study on a new high detonation velocity seismic charge[J]. Mine Blasting, 2010(3):27-30.
- [3] 杜成中,李永军. 含废旧发射药震源药柱的研究[C]//第七届全国工程爆破学术会议论文集. 北京:中国力学学会,2001:627-632.  
Du Chengzhong, Li Yongjun. Study on explosive column used in shakecentre containing out-dated launching charge [C]//The 7th Engineering Blasting Academic Conference

Proceedings. Beijing: The Chinese Society of theoretical and Applied Mechanics, 2001:627-632.

- [4] 张丽华. 用废旧发射药制造民用炸药的研究[D]. 南京:南京理工大学,1998.
- [5] 蔡昇,魏晓安,王泽山. 含发射药的粉状低爆速炸药研制[J]. 含能材料,2004,12(4):231-234.  
Cai Sheng, Wei Xiaolan, Wang Zeshan. Developpement of powdery low detonation velocity explosives from propellants[J]. Energetic Materials, 2004, 12(4):231-234.
- [6] 陆明. 工业炸药配方设计[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002.
- [7] 王泽山. 废弃火炸药的处理与再利用[M]. 北京:国防工业出版社,1999.
- [8] 王文栋,李建红,张志斌. 退役火药在乳化炸药和水胶炸药中的应用研究[J]. 爆破器材,2003,32(5):13-16.  
Wang Wendong, Li Jianhong, Zhang zhibin. Study and application of emulsion explosive and water gel explosives containing waste propellant [J]. Explosive Materials, 2003, 32(5):13-16.
- [9] 谢永祥,贾占山,韩承坤,等. 一种含火药震源药柱及制造工艺:中国,2005100169932[P]. 2005-07-20.
- [10] 吕春绪. 工业炸药理论[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.  
Lü Chunxu. Theory of industrial explosives[M]. Beijing:Weapon Industrial Press,2003.
- [11] 竹奇俊. 利用废旧发射药制工业粉状炸药的研究[D]. 南京:南京理工大学,1995.
- [12] 陆明,胡炳成,杜杨. 高威力震源药柱的配方研究[J]. 火炸药学报,2004,27(4):6-9,32.  
Lu Ming, Hu Bingcheng, Du Yang. Formulation study on high strength seismic explosive columns[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2004, 27(4):6-9,32.

## Formulation and Process of New High Detonation Velocity Featured Seismic Charge Containing Waste Propellants

JIA Zhanshan, BU Xianqiang

Jilin 3305 Machinery Factory (Jilin Dunhua, 133709)

[ABSTRACT] New technology was developed in propellant powder smash process and propellants explosive cutting process for the waste propellants with different variety, specification, type and property. A load of Ø60mm emulsion explosive containing waste propellants with 150g booster pellet makes up the product having a density between 1.40 ~ 1.43 g/cm<sup>3</sup>, a detonation velocity of 6300 m/s, and a explosive continuity of 12kg. Based on experimental data, the influence of propellants on the detonation velocity was analyzed in view of its particle size, density and charge diameter. When the propellant explosive was introduced into above basal formulation, it shows the increased density up to 1.47 g/cm<sup>3</sup>, detonation velocity over 7300 m/s, and product storage period up to 2 years, better properties than ammonium nitrate seismic charge of high velocity detonation in addition to the advantages of lower cost and non pollution. This provides a new approach for the waste propellants comprehensive utilization.

[KEY WORDS] waste propellants, emulsion explosive, seismic charge, resource utilization