

两百万发弹药炸毁法设计及高效销毁实践

Design of Two Million Rounds Explosive Method and Practice of High Efficiency Destruction

白晓杰 巴贵善 李亚华 黄才文

XiaoJie Bai GuiShan Ba YaHua Li CaiWen Huang

新疆中岩恒泰爆破工程有限公司 中国·新疆 乌鲁木齐 830050

Xinjiang Zhongyan Hengtai Blasting Engineering Co., Ltd. · Urumqi, Wulumuqi, Xingjing, 830050, China

摘要: 某部报废弹药销毁项目有手枪弹、步机弹、空包弹、教 / 训练弹、防暴弹和信号弹 6 大类型 39 个品种共 215 余万发弹药, 为了安全、彻底、高效的销毁目的, 基于弹药的可爆性和可摧毁性, 甄选露天开阔的销毁场地, 采用了坑内地毯式压铺炸毁的技术方法。本文按工程爆破设计的思路, 阐述了销毁场地和诱爆药量的选择、爆破参数设计, 以及此次销毁工作的施工要点。经过精心组织实施, 销毁弹药取得圆满成功。实践表明炸毁法销毁弹径 7.62mm ~ 38mm 弹药是可行的。对国防小型弹药安全处理具有重要意义。

Abstract: a Ministry's Waste Ammunition destroying program includes 6 major types of ammunition: Handgun ammunition, rifle ammunition, empty bag ammunition, teaching / training ammunition, anti-riot ammunition and signal ammunition, with a total of more than 2.15 million rounds of ammunition, for the purpose of safe, thorough and efficient destruction, based on the explosibility and destructibility of the munitions, open destroy sites were selected and a carpet-laying method was used to destroy the munitions in the pits. According to the idea of engineering blasting design, this paper expounds the selection of destruction site and induced explosive quantity, the design of blasting parameters, and the construction key points of this destroying work. The destruction of ammunition has been carried out with great care and success. The practice shows that it is feasible to destroy the ammunition with diameter of 7.62 mm ~ 38 mm by blasting. It is of great significance to the safe disposal of small ammunition for national defense.

关键词: 报废弹药; 爆破坑; 炸毁法; 设计; 高效

Key words: Old ammunition; Blasting pit; Explosive destruction method; design; high efficiency

DOI: 10.36012/etr.v2i9.2707

1 工程基本情况

某部报废弹药销毁项目, 弹药有手枪弹、步机弹、空包弹、教 / 训练弹、防暴弹和信号弹 6 大类型 39 个品种共 2157453 发弹药, 合计重量约为 43.3t。大部分整箱包装完好, 少部分散装于木箱内, 子弹外观无变形, 锈蚀, 弹头分离或起爆药漏析问题, 均可具爆性。弹药最小直径 $d_1=7.62\text{mm}$, 最大直径 $d_2=38\text{mm}$, 均属小型弹药。

针对销毁弹药类型多, 安全彻底要求高、运输途径旅游区等特点, 我公司经精心设计, 严密组织, 可靠配置, 使用炸毁法技术, 自 2019 年 8 月 26 日至 9 月 1 日, 连续作战 7 天, 215 余万发弹药, 在野外露天销毁场销毁实施工作顺利完成, 达到了安全、彻底、高效的销毁目的, 赢得委托方的好评。

2 野外露天炸毁法技术

炸毁是指对炸药或含炸药的弹药元件施以瞬时高温高

压的爆炸能量, 使引爆炸药能量与被爆弹药能量以爆炸的形式同步释放, 达到高温高压炸毁弹药的技术过程。野外露天炸毁法工艺流程重点是在炸毁场地开挖若干一定安全距离的爆破坑, 将待销毁弹药 (具备可爆性或可摧毁性) 置于坑底, 上铺引爆炸药, 设置起爆体, 再掩埋土层, 警戒, 延期起爆, 爆后检查。适用条件是被销毁弹药属于能完全爆轰或被爆轰所毁坏的爆炸物品, 一般是各类弹药、元件及含能材料。炸毁法以民用爆破器材为基础, 爆破技术熟练, 处理效率高, 主要制约因素是要具备开阔的远离居民区的销毁场地。炸毁全过程爆破技术成熟单一, 一天一次作业。

3 销毁场地选择

选择爆破法销毁场地的主要考虑因素有: (1) 空气冲击波破坏作用范围; (2) 个别碎片飞石飞散的危险距离; (3) 地震波对地上地下建筑物和构筑物的危害; (4) 诱发火灾、

产生毒气的危害性；(5) 场地应便于运输和警戒。

以安全、彻底、高效、经济为原则，依据地形、地质、环境与季节时令条件，本工程经公安部门批准的销毁场地选定在乌鲁木齐市大坂城区白杨沟山前销毁场，位于白杨沟西沟乡乡道（双向柏油路）以北 1000m 处无人区。该销毁场地呈南北向长条状，三面环山，南高北低，炸场地形平坦，土层厚，无植被。环境方面，销毁场以南 1000 处有一乡道小溪涵洞，宽 5m，混凝土结构；以南 1100m 处有两条 10KV 输电线路，东距大坂城风电场距离大于 2km。

本次销毁场地三面环山天然屏障隐蔽性好，场地平坦利于爆后检查，无植被利于火灾防范，空旷便于收集未爆飞散物，远离居民区、高压线、建筑物稀少，便于防范危害和安全警戒。

4 炸毁法技术设计

4.1 销毁弹药工程量

本次报废弹药有手枪弹、步机弹、空包弹、教 / 训练弹、防暴弹和信号弹 6 大类型 39 个品种共 215 余万发，其中散装弹药共 58 余万发。未开箱的弹药整箱 1387 件，重量约 32t，同类散装（与未开箱的弹药整箱同类）折算重量有 10t，散装教 / 训练弹和其他散弹药折算重量有 1.3t，合计弹药重量为 43.3t。

本次报废弹药品种多数量大，查阅弹药相关资料，难以准确统计每一品种弹药的内含炸药性质和数量，本次销毁弹药均为小型弹药，弹头、弹壳和内装药整体完好，从炸毁法工作原理考虑，估算内含炸药量可按弹药实体重量的 1/5 ~ 1/3。则，本次销毁弹药内炸药总量估算值为 9t ~ 15t。

本项目设计销毁爆破 10 个炸毁坑，采用逐坑微差爆破技术，每工作日销毁一次。典型设计每坑爆炸总药量 200kg（其中，报废弹药内装药 66.7kg，引爆炸药量 133kg），一次爆破总药量为 2000kg。根据《爆破安全规程》(GB6722-2014) 表 1，爆破工程分级的规定，一次爆破销毁作业总药量大于 0.5t，小于 10t 时，属于 C 级爆破作业项目。鉴于本次报废弹药品种多数量大，从南山旅游区交通要道运出销毁，对旅游人群和车辆安全要求较高，销毁工作周期较长，单次销毁操作流程也较为复杂，因此，本次销毁报废弹药的爆破作业项目等级提高一级，定为 B 级。

4.2 销毁坑设计

4.2.1 引爆炸药量

引爆炸药是引爆报废弹药内装炸药或引燃物的爆轰能量，用于实现被爆弹药集体完全爆炸破坏的目的。借鉴相关工程实践经验^[3,5]，诱爆药量应为易诱爆炸弹内药量的 2 倍，装填方法为弹药平铺坑中，其上全包裹覆盖炸药。基于本次销毁弹药包装完好，子弹外观无变形，锈蚀，弹头分离或起爆药漏出析出问题，均具可爆性，利用膨化炸药殉爆能力，让每个弹体接触炸药的思路，拆木箱拆铁盒（纸包装不拆封），弹头朝下，拼排一层的方式，确定引爆炸药量取诱爆炸弹内药量的 1 ~ 2 倍左右。

引爆炸药宜用弹药内炸药匹配应采用爆速高猛度大的炸药，如 TNT 为起爆药。但工程实践证明 2# 岩石炸药或乳化炸药，更为便于购买，便于铺装施工。

本工程引爆炸药采用 2# 岩石膨化炸药，起爆体药包采用乳化炸药。

确定本次销毁弹药内药量和引爆炸药量详见表 1。

表 1 销毁弹药内药量和引爆炸药量关系表

序号	年月日	坑数	当日弹药量 (kg)	单坑弹药量 (kg)	当日炸药量 (kg)	单坑炸药量 (kg)	单坑内药量估 算(kg)	引爆炸药量/内 炸药量比值	炸药总量(kg)
1	20190826	10	3000	300	1500	150	75	2.0	225
2	20190827	10	6000	600	2000	200	150	1.3	350
3	20190828	10	6000	600	2000	200	150	1.3	350
4	20190829	10	6500	650	2000	200	162.5	1.2	362.5
5	20190830	12	7800	650	2500	200	162.5	1.2	362.5
6	20190831	10	6000	600	2000	200	150	1.3	350
7	20190901	10	8000	800	2000	200	200	1.0	400
			43300		14000				

注：弹药量系整箱毛重，包括木箱、铁盒、纸包等。

本次使用新疆雪峰牌岩石膨化硝酸铵炸药，包装规格为散装 25kg/袋，第一天以生产性试爆为目的单坑引爆炸药量

为 6 袋共重 150kg，经试爆后总结确定后期销毁单坑单坑引爆炸药量为 8 袋共重 200kg；单坑弹药多时，拼排一层平摊

于全面积，铺装引爆药，再包严毡被（布）层。

4.2.2 销毁爆炸坑参数设计

根据待销毁弹药的数量、大小和性质，在销毁现场 300m 范围内用机械挖掘 10 个爆破梯形平底坑，每个坑深 3m，底宽 3m，底长 3m。据每坑设计销量设坑距 20m ~ 30m。为了提高爆轰引爆弹药效果，有效查验和收集爆后残留物，首日坑底满铺厚 10mm 钢板，坑底平整无

积水。火工品材料上再铺设柔性毡被围挡，确保机械能够安全填埋。

引爆药与被销毁弹药的摆放原则：（1）铺底钢板或铺底隔层布上铺炸药一层；（2）再拼摆被爆弹药；（3）弹体上摆放引爆炸药和起爆体；（3）铺底布上卷围包后覆土。炸毁法爆破坑结构设计图详见下图 1 所示。

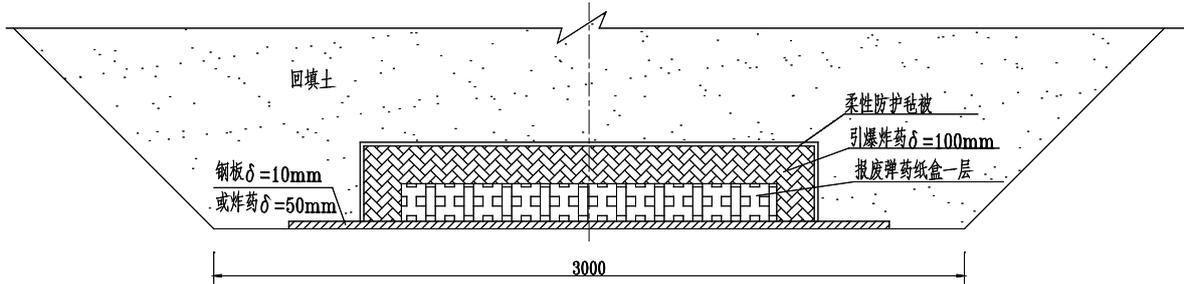


图 1 炸毁法爆破坑结构示意图

Fig. 2 Sketch map of blasting pit structure by blasting method

4.2.3 爆破坑间距及单坑销毁量设计

经对比各种销毁工程经验，选用文献^[5]“销毁废炸弹的设计与实施”公式：

$$L = KQ_s^{1/2}$$

式中：K——常数，取 1.2；

Q_s——单坑内废旧炸弹含炸药量与诱爆药量之和，kg。

本次销毁弹药量大，选定的销毁场地位于远离居民区的戈壁荒地，为安全、可靠、彻底基础上提高爆破作业效率，开始时，以小量多坑试爆总结，调整药量。为此，需计算不同单坑量相应的多坑间距。为机械挖坑和爆后清查便利，设定设计间距取计算间距的 1.5 倍左右。当 Q_s=225kg ~ 400kg 时，多坑间距计算值 L=18m ~ 24m，统一取设计间距为 30m。

4.3 起爆网络设计

采用逐坑起爆网络。在销毁现场布置 10 个销毁坑，每坑设置四个起爆点，四个起爆点布置乳化炸药（4×0.3kg）起爆体，分别插入 4 发电子雷管，坑与坑之间延期 300 ~ 500ms（大于 100ms 均可，延期大些，利于观察确认起爆坑次），用起爆导线引到起爆站引爆。起爆站在掩体坑

内，或在警戒范围之外。

5 销毁爆破安全设计

5.1 销毁场地环境关系

本次销毁场地选定在大坂城白杨沟山前销毁场，位于白杨沟西沟乡乡道（7m 宽柏油路双向车道）以北 1000m 处，销毁场以南 1000 处有一小溪涵洞，宽 5m，混凝土结构。以南 1100m 处有两条 10KV 输电线路，东距风电场最近 2.2km。

根据《报废通用炸弹处理技术规程 GJB5427-2005》表 2，销毁场地的安全距离要求，口径小于 57mm 的废旧炮弹销毁，其安全距离为 650m。为确保安全其安全警戒距离设定为 1000m。

5.2 爆破振动安全校核

本次爆破产生的振动效应对 1000 处乡道小溪涵洞和 1100m 处有两条 10KV 输电线路，需进行安全验算。

爆破振动安全允许距离，按《爆破安全规程 6722-2014》13.2.4 条式（1）计算：

$$R = \left(\frac{K}{V} \right)^{\frac{1}{\alpha}} Q^{\frac{1}{3}}, \text{ 或 } V = K \left(\frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R} \right)^{\alpha}$$

式中：

R——爆破振动安全允许距离，单位为 m，取

R=1000m, 1100m ;

Q——装药量(齐发爆破为总药量,延时爆破为最大单段装药量),单位为kg,本次销毁最大单坑药量为Q=400kg ;

V——保护对象所在地安全允许质点振速,单位cm/s ;

K、α——与爆破点至保护对象间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数,在平坦戈壁场地,K取值250,α取值1.8。

经核算距离1000m处振速V=0.036cm/s,距离1100m处振速V=0.031cm/s。按《爆破安全规程6722-2014》表2,保护对象为水工隧洞或交通隧道最小爆破振动安全允许标准为7cm/s,10KV输电线路最小爆破振动安全允许标准为0.5cm/s。可见爆破振动对距1000m处小溪涵洞和1100m处10KV输电线路不会产生有害影响。

5.3 爆破空气冲击波安全距离校核

炸药爆炸引起的空气冲击波,在一定范围内可使人员伤亡,建(构)筑物破坏。空气冲击波造成的破坏主要是由超压与冲量共同作用的结果。据《爆破安全规程GB6722-2014》第13.3.2条,本工程人员均撤离到警戒范围外,按警戒范围1000m进行爆破冲击波超压值核算,用第13.3.2条(3)式方法近似核算:

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

式中:ΔP——空气冲击波超压值,10⁵Pa ;

Q——毫秒延时爆破时为一次爆破最大药量,kg ;

R——装药至保护对象的距离(m),按警戒范围1000m做为最小安全允许距离。

按一次爆破10个坑的典型设计情况,单坑药量最大为400kg,取Q=400kg,R=1000m时,空气冲击波超压值ΔP=0.0186×10⁵Pa,满足空气冲击波超压安全允许标准对人员和建筑物<0.02×10⁵Pa的安全要求。

5.4 个别爆破飞散物安全距离

爆破个别飞散物安全距离按下列公式计算:

$$R_f = \sqrt[3]{Q \cdot K_f \cdot n^2 \cdot W}$$

式中:R_f——爆破飞散物安全距离,m ;

K_f——安全系数,一般取K_f=1.0~1.5,本工程取1.25;

n——爆破作用指数,销毁爆破属地表漏斗抛掷爆破,取n=2.0。

W——为最小抵抗线,销毁坑回填土厚2m,取W=2.0m。

根据上述公式,理论计算飞石距离为200m。可见个别爆破飞散物对在1000m外的警戒人员和建筑物的不会产生危害。

6 安全施工要点

弹药运输路线途经南山旅游区交通要道,销毁工程量较大,销毁工作周期较长,每次销毁操作流程也较为复杂。对此总结安全施工要点如下:

(1)第1天在弹药库再次核实弹药实物与分拣、归类统计表。

(2)每天一次完成10个销毁坑的爆破任务,按照销毁坑设计图纸要求,挖坑、铺设钢板(试爆验证可不用铺设钢板)、隔离布、报废弹药层、炸药层、起爆体、覆土、连起爆网络、警戒、起爆、爆后检查、坑里坑外观拣未毁弹药或可疑散片。

(3)每天弹药领取前及分项工程开始前,由技术负责人对全体作业人员进行技术交底,纵向交底到施工作业人员,横向交底到各相关部门/相关人员。

(4)每天领取报废弹药的数量、种类和性质分类登记台账,出库与进场入坑统一。

(5)每天弹药运输一次,据委托方要求及该项目的规模,配备2台弹药运输车(专用爆破器材运输车一备一用),由武装押运公司负责押送。

7 效果及结论

7.1 销毁效果

本项目采用野外露天爆破法炸毁法爆后地毯式检查,距爆坑50m范围内可见散片居多,50m~200m可捡到,200m~300m捡到极少。公安部门、委托方和我公司从现场捡到大量散片分析共同判定无一完好,达到了彻底毁坏的效果。弹药炸毁前后比对照片见下图1和图2。



图2 弹药摆放照片

Fig. 2 A photo of the laying AMMO



图3 弹药炸毁散片

Fig. 3 A photograph of the Shards that exploded

7.2 结论

(1) 实践表明, 小型弹药爆破坑炸毁法是安全、彻底、高效的办法, 达到了弹头和弹壳分离变形, 无法再次利用的目的。

(2) 同日实践对比, 爆破坑装药结构设计中底铺钢板或底垫炸药层, 从爆后效果检查对比看, 销毁效果是一样的。弹药直接平铺于坑底, 再在弹药上层和四周满铺炸药的方法也是可行的。

(3) 弹药入坑摆放前必须拆除木箱和铁盒, 但包装纸盒不要拆坏, 整装纸盒比散铺的密实性好, 摆放安全。

(4) 从炸药药包爆炸粉碎区理论分析, 引爆药量足够时爆破坑中摆放弹药的弹头朝向, 向下、向上和水平, 均能彻底炸毁, 与实践结果一致。另外在坑内销毁条件下, 爆后观察可知, 坑壁约束了弹头飞出远射的可能性。

参考文献

- [1] 中国人民解放军总装备部. 报废通用弹药处理技术规范: GJB5427-2005[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2005.
- [2] 李金明, 雷彬, 丁玉奎. 通用弹药销毁处理技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.4.
- [3] 高峰, 徐贵锋. 爆破法销毁废旧炸弹的技术探讨 [G]. 中国爆破新技术 II . 北京: 冶金工业出版社, 2008: 885-888.
- [4] 王斌, 林大能, 马海鹏, 唐海. 废旧炸弹爆破销毁的安全技术 [G]. 中国爆破新技术 II . 北京: 冶金工业出版社, 2008: 893-898.
- [5] 高毓山, 张杰. 销毁废旧炸弹的设计与实施 [G]. 中国爆破新技术 II . 北京: 冶金工业出版社, 2008: 899-902.
- [6] 杨军, 苏平, 李萍丰, 廖新旭. 诱爆销毁废旧炮(航)弹的爆破设计及组织实施 [J]. 工程爆破, 2005, 11(4): 81-87.
- [7] 易建坤, 贺五一, 吴腾芳, 马海洋 [J]. 工程爆破, 2004, 10(4): 21-25.

(上接第 169 页)

提前通知参演人员, 告知演练时间、地点、方式等, 并落实好演练辅助工具等。同时, 桌面演练前应安排专人对演练全过程进行记录, 包括文字记录、影像记录、录音记录等, 演练结束后应及时拟写演练总结报告, 随演练记录一起归档保存。

3.3 桌面演练实施

桌面演练通常按照以下四个环节循环往复进行: 注入信息 --- 提出问题 --- 分析决策 --- 表达结果。演练过程的实施应按演练脚本执行, 杜绝随意临场发挥并扰乱桌面演练秩序。

桌面演练结束后, 指挥部还应根据演练实施情况开展演练评估总结, 对存在的问题和不足提出改进措施, 如修订

应急预案、提升演练水平等。

4 结语

本文探讨的桌面演练机制, 是将预先制定的演练脚本导入应急救援演练软件模块, 参演人员通过计算机模拟的方式实施演练活动。演练脚本可以根据需要进行修订、调整、增删, 组织者只需提前将新的演练脚本导入软件系统, 并根据新演练脚本设定参演单位即可开展低成本、可重复的桌面演练活动。

参考文献

- [1] AQ/T9007-2019. 生产安全事故应急演练基本规范 [S]. 北京: 应急管理出版社, 2019