

# 某海炮复合增程炮弹底排药工作异常原因解析

付朝新, 韩长青, 乔华, 杨雨, 王振旭

(国营第三七五厂, 辽宁 辽阳 111001)

**摘要:**某海炮复合增程弹在系统试验中出现发射出炮口后底排破碎掉药、工作异常现象, 导致射程偏近, 通过对底排药、发射装药系统、底排装置、底排火箭结构匹配等层层系列排查、对比分析, 找到了导致复合增程弹底排药异常工作的影响因素, 改进后通过高低常温大样本量发射考核, 异常现象消除, 彻底解决了底排药发射后异常工作的故障, 提高了复合增程弹使用可靠性。

**关键词:**复合增程; 底排药; 底排装置; 火箭喷管; 底排异常

**本文引用格式:**付朝新, 韩长青, 乔华, 等. 某海炮复合增程炮弹底排药工作异常原因解析[J]. 四川兵工学报, 2015(4): 7-10.

**Citation format:**FU Chao-xin, HAN Chang-qing, QIAO Hua, et al. Origin Analysis on Base Bleed Charge Abnormal Work on Muzzle of Same Naval Compound Extended Range Projectile[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(4): 7-10.

中图分类号: E932.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2015)04-0007-04

## Origin Analysis on Base Bleed Charge Abnormal Work on Muzzle of Same Naval Compound Extended Range Projectile

FU Chao-xin, HAN Chang-qing, QIAO Hua, YANG Yu, WANG Zhen-xu

(National Third Seven Five Factory, Liaoyang 111001, China)

**Abstract:** It was the base bleed charge break out and abnormal work on the muzzle of same naval compound extended range artillery system test that led to range shorter. Through a series of investigation and comparative analysis on the base bleed charge, emission charge system, the base bleed device and structure matching of base and rocket, we found out the influence of the base bleed charge abnormal work on compound extended range projectile. The improvement didn't have abnormal work through the high and low temperature large sample emission assessment and completely solved the fault of base bleed charge abnormal work after launching and improving the use reliability of compound extended range projectile.

**Key words:** compound extended range; the base bleed charge; the base bleed device; rocket nozzle; the base abnormal work

某海炮复合增程炮弹是我海军未来航母战斗群大型驱逐舰列装的重要信息化弹药, 其区别于传统弹药, 具有射程远、威力大、智能化、高可靠性的特点, 为了实现上述性能, 需要承受高初速、高膛压、高过载、高旋转、高潮湿、高盐雾等极端条件。作为复合增程弹增程核心部件底排药工作可靠性是设计者和使用方高度关注的, 研制过程中出现过弹丸发射出炮口底排异常工作现象, 通过对底排火箭装置故障排查、对比、改进设计、大样本量验证, 底排药工作异常得到根本解

决, 确保了复合增程炮弹可靠性, 为其他同类弹药研制提供了经验借鉴。

### 1 底排药异常工作现象与分析

#### 1.1 底排药异常工作现象描述

某海炮复合增程弹方案优化试验过程中出现组平均射程偏近, 个别发离群较远, 使纵向密集度达不到 1/150 战技

指标要求。通过一定样本量试验发现共同特别:偏近的复合增程弹发射后在炮口段出现底排药异常工作现象,主要表现为个别发出炮口后炮口烟大、底排工作火光不明显、炮口前弹道线 200 m 左右发现有崩落底排药碎药或者空中有火星溅落,体现在落点上较正常弹丸近 1~2 km 以上。



图 1 底排药碎药

## 1.2 故障排查分析

### 1.2.1 底排药

采用制式丁羟燃-02 配方,通用药型结构,在同类复合增程弹和底排弹上经过千发以上发射试验考核,制制的样品工艺技术成熟,产品经过出厂严格的检验与测试,性能符合图纸和验收技术规范要求。按工艺技术要求,重新试制若干

个批进行测试比对没差异,装配复合增程弹进行常温试验结果相近,每组都有 1~2 发异常工作。

### 1.2.2 发射装药系统

采用 AGu-15 21/19H + AGu15 19/19HB11 混合装药,此种装药经过某产品近千发考核,低温感效果显著,内弹道性能稳定,符合图纸和验收技术规范要求。

### 1.2.3 底排装置可靠性

为验证底排药工作异常与底排装置的相关性,进行底排可靠性射击试验,采取底排工作,推进剂不工作,采用真底排药,假推进剂,喷管为实芯假喷管见图 2 所示。底排可靠性试验结果见表 1 所示。

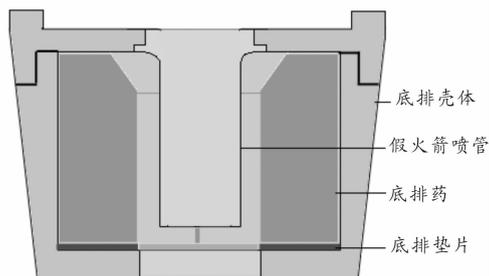


图 2 真底排假火箭装置结构

表 1 底排可靠性试验结果

序号	底排药批次	$V_{0cp}/$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	试验射程 $X_0/m$	地面密集度		备注
				$E_x/X_0$	$E_z/mil$	
1	SD2011-3	931.1	34 584	1/419	1.14	底排全部正常工作,未见异常,没有碎药
2		930.7	34 866			
3		930.1	34 556			
4		929.9	34 597			
5		929.0	34 469			
6		926.7	34 585			
7		928.4	34 606			
平均		929.4	34 609			

复合增程弹底排可靠性试验结果:底排药全部正常工作,炮口底排火光一致性较好,没有工作异常现象,最大射程平均为 34 609 m,纵向密集度达到 1/419,达到了制式平底弹密集度水平,说明复合增程弹底排装置与底排药匹配较好,弹丸发射出炮口,经过压力突变后,底排药没有受到损伤,在底排引火药的作用下迅速恢复正常燃烧工作,向弹底填质加能,降低弹底阻力实现增程。

### 1.2.4 底排火箭结构匹配

为考核验证火箭发动机对底排药工作的干扰程度,进行底排火箭结构匹配试验,采用真底排、真推进剂,喷管为实际发动机喷管见图 3 所示,常温发射试验结果见表 2 所示。

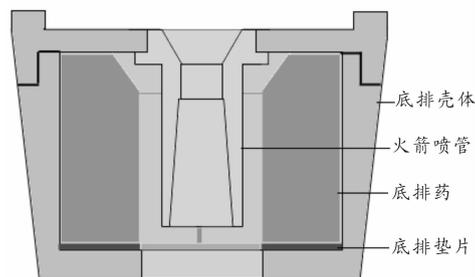


图 3 原底排火箭装置结构

表2 底排火箭结构匹配试验结果

序号	底排药批次	$V_{0cp}/$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	试验射程 $X_0/m$	地面密集度		底排工作状态
				$E_x/X_0$	$E_z/mil$	
1	SD2011-3	928.8	42 380	1/128	0.94	正常
2		929.8	41 548			火光异常,有碎药
3		929.1	42 295			正常
4		930.9	42 482			正常
5		930.6	41 172			火光异常,有碎药
6		928.4	42 141			正常
7		928.5	42 228			正常
平均		929.4	42 035			
备注	标准化射程 42 050 m,试验第二、五发底排出炮口后火光较暗,捡到少量碎药,火箭正常工作					

复合增程弹底排火箭匹配试验结果:此组7发射击试验,第二发、第五发,炮口黑烟较重,底排药工作火光较暗淡,并且在炮口200 m左右处,分别拾到了崩落的棕红色底排药碎药。说明第二发、第五发复合增程弹,炮口泄爆过程中火箭部件可能对底排装置造成了干扰,装置内部出现异常现象<sup>[1]</sup>,近100 MPa以上的高温高压火药气体不能同步瞬间排出,底排装置内部出现压力振荡,打破了作用于底排药表面的受力平衡,对底排药局部产生剧烈的冲击、撕扯或剪切等破坏效应,这种破坏力远超过复合增程弹体施加给底排药表面的惯性和底排药产生的形变应力<sup>[2]</sup>,导致底排药局部破损,在底排药恢复燃烧后燃气将崩落的底排碎药吹出底排装置<sup>[3-5]</sup>,随飞行弹道方向散落。

### 1.2.5 排查结果

对比图2和图3可以看出显著差异,2个底排装置中喷管除了内部不同:一个为实心假喷管,一个为真正喷管外;另一个显著的差别是实心假喷管在底排装置内底部平滑过渡,而真喷管与底排装置形成一个过渡圆台。底排装置可靠性试验与底排火箭匹配试验采用同一批底排药,一个全部正常,一个出现异常,并且由于出炮口15s后火箭推进剂才开始工作,推进剂不会影响底排药炮口工作状态,因此排除底排药和推进剂是造成弹丸出炮口底排药异常工作的主要原因,说明导致底排药异常工作的根源可能是火箭喷管根部圆台。

## 2 改进与验证

### 2.1 改进

针对火箭喷管与底排装置匹配问题可能是导致复合增

程弹出炮口后底排异常工作的主要原因<sup>[6-9]</sup>,参照底排可靠性试验实心喷管外型结构,对原火箭发动机喷管进行优化改进,取消根部圆台,实现平滑过度,消除导致发射后火药气体在底排装置内部发生二次振荡冲击底排药根源。改进后的底排火箭装置结构如图4所示。

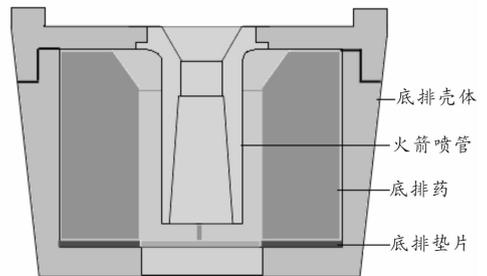


图4 改进后底排火箭装置结构示意图

### 2.2 验证

按改进后的火箭喷管结构尺寸进行加工装配复合增程弹,并结合系统试验进行验证考核,先后进行常温3组、高低温各1组最大射程地面密集度射击试验,共试验5组35发,试验结果如表3所示。

5组射击试验结果,底排药全部正常工作,最大射程与地面密集度达到战技技术指标要求,没有出现弹丸出炮口后底排异常工作现象,证明原来火箭发动机部件与底排装置不匹配是导致复合增程弹底排药异常工作的根源。此后在样机研制过程中改进后的底排火箭结构又经过130余发大样本量系统试验考核,底排药全部正常工作,无异常,最大射程与地面密集度满足指标要求。

表3 最大射程及地面密集度试验结果

组序	温度/ ℃	$V_{0ep}/(m \cdot s^{-1})$	膛压/ MPa	地面密集度		标准化射程 $X_0/m$
				$E_x/X_0$	$E_z/mil$	
常,第一组	+15	933.4	314.2	1/224	0.57	43 212
常,第二组	+15	931.3	312.1	1/160	1.74	42 961
常,第三组	+15	934.3	316.9	1/288	0.62	43 404
高,第一组	+50	950.7	341.7	1/374	0.38	44 375
低,第一组	-40	908.6	271.6	1/308	0.74	37 932
备注	常、高、低温五组试验 7×5 发,底排药全部正常工作					

### 3 结束语

1)通过排查、对比,改进后大样本量考核,证明某海炮复合增程弹原火箭喷管根部采用圆型台结构是造成底排药发射后出炮口破碎和异常工作的根源。

2)火箭发动机与底排装置是否最佳匹配是复合增程弹减阻增程和火箭助推增程可靠性的关键之一。

3)底排药与底排装置匹配满足某海炮复合增程弹设计要求。

### 参考文献:

- [1] 陆春义.底排装置强非稳态燃烧特性研究[D].南京:南京理工大学,2010.
- [2] 曹永杰,余永刚,叶锐,等.底排推进剂瞬态泄压工况下燃烧流场特性的数值模拟[J].含能材料,2013(4):24:464-468.
- [3] 张洪林.底排药在弹丸发射过程中的强度研究[J].火炸药学报,2008(5):79-83.

- [4] 李虎军.底排装置结构参数动态优化设计[D].南京:南京理工大学,1992.
- [5] 申屠德忠.复合增程弹结构方案研究[D].南京:南京理工大学,1997.
- [6] 郭希福.现代炮弹增程技术[M].北京:兵器工业出版社,1997.
- [7] 赵铁,武晓松.某底排火箭复合增程弹全弹模态分析[J].弹道学报,2006(2):57-59.
- [8] 郭振伏,武晓松,俞陵,等.底排火箭复合增程弹助推火箭推进剂结构完整性分析[J].弹道学报,2003(2):34-38.
- [9] 马庆滨,焦志刚,刘锦春,等.复合增程弹药复杂结构有限元计算分析[J].沈阳理工大学学报,2007(5):72-74.
- [10] 刘万波,曹海庆,白冬龙.远程榴弹底排装置的火焰持续温度测量评定标准[J].四川兵工学报,2013(1):80-83.

(责任编辑 周江川)