

【兵器与装备】

长期储存照明弹药照明剂质量的变化*

李东海,丁玉奎,许贵君

(军械工程学院 弹药工程系,石家庄 050003)

摘要:根据照明弹药的战技要求,分析了判断长期储存的照明弹药照明剂性能是否变化的依据,同时从物理和化学2个方面分析了长期储存的照明弹药照明剂可能发生的变化和对其性能产生的影响,为研究经过长期储存的照明弹药照明剂的质量变化提供了参考。

关键词:照明剂;发光强度;有效照明时间;吸湿性;蠕变力

中图分类号: TJ552.10

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2008)03-0031-03

早在第一次世界大战时就出现了 $Ba(NO_3)_2 + Al$ 的钡盐照明剂。经过第二次世界大战,照明弹药有了飞速的发展。随着各种新科学、新技术在军事上的广泛应用,战争将不分昼夜地进行,尤其是夜战,更具重要意义。在夜间作战时使用照明器材或照明弹药,可以扩展人的视觉能力,因此,在现代战争中,照明弹药有着不可替代的作用。近年来,各种新型的照明弹不断涌现,已成为战争中不可缺少的特种弹药。照明弹药作为一次性使用的特殊装备,平时必须大量储备才能满足战时大量消耗的需求。但照明弹药经过长期的储存后会发生怎么样的变化,其战术、技术性能还能不能满足需要,这会严重影响照明弹在实际中的使用。通过研究分析可以在现有条件下,或者通过有针对性的改善储存条件来延长库存照明弹的使用年限,从而为国防经济节省大量的经费。

1 长期储存照明弹药照明剂性能变化的判断依据

照明弹药是利用烟火药剂光效应的特种弹药,在照明剂燃烧反应时,将部分的化学能转变成光能并产生强烈的可见光辐射,用于搜索和发现目标并在一定时间内照明目标,借以观察敌情,指示、修正火力射击,监视射击效果。照明弹药经过长期储存后,其照明剂的理化性能一定会发生变化^[1-2]。根据对照明弹药的特殊要求,照明剂除了可以从烟火药剂的一般要求出发对其进行判断外,还可以通过3个方面对其进行判断:

1) 足够的发光强度。为保证清晰地观察各类目标,照明剂在燃烧时必须能产生足够的发光强度。一个物体能从

其背景中区分出来是因为它有不同颜色或亮度。在物体与背景的总对比度中有色部分很少超过25%,而明亮对比度总是超过25%,所以在野外条件下能见度主要取决于明亮对比度。用照明弹提供照明时,要使目标在典型野外背景下容易确定位置并被辨认出来,这就需要照明炬在燃烧时要有足够的发光强度。

2) 照明炬辐射光谱应适应人眼观察目标的要求。在可见光中,人眼对不同波长可见光的感受能力是不同的,根据人眼视觉函数 $V(\lambda)$ (见图1)可以知道,人眼对波长为555 nm的光最为敏感,并以此为中点向两侧延伸时,人眼对光的灵敏度明显下降,以至趋近于0。也就是说,波长两端的光强度再高,对人眼也没有作用。于是把光谱光视效率大于0.01的相对光谱功率分布占可见光范围内相对光谱功率分布的比例称为有效光能系数,它表征相对光谱功率分布状态的合理性,该系数以0.5~0.7时为佳。

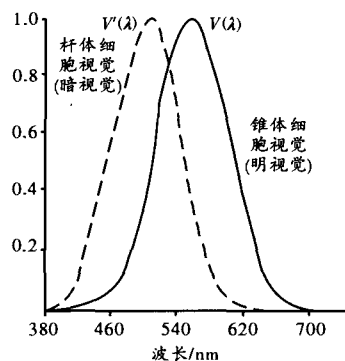


图1 视觉函数

3) 要有足够的有效照明时间。夜间照明弹药照明地形

* 收稿日期:2008-03-12

作者简介:李东海(1982—),男,河南卫辉人,硕士研究生,主要从事火工烟火理论与应用技术研究。

或观察目标所需最小照明时间经测试为:500 m处需4.5 s; 1 000 m处需6.1 s; 1 414 m处需10.0 s.因照明炬的照明时间和其燃烧线速度成反比,为保证照明弹药的照明时间,照明炬应有合适的燃烧线速度.

对于经过长期储存的照明弹药,照明剂如果除符合烟火药剂的一般要求外还能符合以上3个方面的要求,那么就可以判断其仍能满足要求,可以继续储存使用.如果以上3个方面发生了重大变化,那么可以判断其已经不能满足要求,不能继续储存使用.通过本研究可以分析出发生变化的原因,为生产设计和储存管理提出有针对性的改进意见.

2 影响照明剂性能的因素分析

波长的分布与温度有关的辐射称为热辐射.温度很高的炽热物体都是热辐射源.照明剂发光的主要载体是照明剂在燃烧过程的火焰中存在灼热的固体和液体微粒,这些固体和液体微粒产生热辐射而发强光,而灼热的气体辐射出的光能比较少.在火焰中,固体和液体微粒辐射符合绝对黑体辐射定律.依据维恩定律:

$$\lambda_m T = 2898 \times 10^{-3}$$

最大辐射能波长 λ_m 与温度 T 成反比,温度愈高, λ_m 愈小,即最大辐射能波长移向短波长方向,也就是说有效光能系数受温度的影响.实际使用的照明剂火焰温度均在3 000 K左右,其辐射光谱分布接近黄光部分.

依据斯蒂芬-波耳兹曼定律可知,总辐射能量与火焰绝对温度的4次方成正比:

$$W = \sigma T^4 A t$$

其中: W 为总辐射能量; T 为火焰温度(K); A 为火焰面积(cm^2); t 为燃烧时间(s); σ 为斯蒂芬常数.

所以当温度升高时照明剂辐射光能将迅速增加.依据此定律,求得不同燃烧温度时的光度(见表1).

表1 不同燃烧温度对发光强度的影响

序号	燃烧温度/ $^{\circ}\text{C}$	照明星体发光强度/cd
1	1 410	7.2×10^4
2	1 750 ~ 1 770	12.1×10^4
3	1 800 ~ 1 850	21.6×10^4

由表1可见,燃烧温度愈高,照明剂辐射光能显著增加.

对于经过长期储存的照明弹的有效照明时间而言,照明炬直径和长度一定,影响其有效照明时间的主要因素是照明剂燃烧的线速度.照明剂燃烧线速度与有效照明时间成反比,照明剂燃烧线速度越快,其有效照明时间越短.所以照明弹药有足够有效照明时间的决定因素是照明剂有合适的燃烧线速度.

2.1 物理因素对长储照明弹药性能的影响^[3]

照明剂成型时需要对其施加一定的压力.一般情况

下,照明剂的密度随压药压力的增加而增加,光强和燃速随压药压力的增加而减少.但超过一定压药压力后,光强与燃速变化不大.压药压力对燃速和发光强度的影响见表2.

表2 压药压力对燃速和发光强度的影响

压药压力/ MPa	照明剂密度/ (g/cm^3)	照明性能	
		发光强 度/cd	燃烧速 度/(mm/s)
50	2.1	3.8×10^4	3.2
100	2.3	3.6×10^4	3.0
250	2.5	3.3×10^4	2.6

照明剂密度影响其发光强度和燃速的原因是:药剂密度决定照明剂燃烧时气相和凝聚相之间热交换的能力,随着药剂密度的提高,燃烧气体渗入到药剂内部的可能性减小,药层间的热传导减慢,而使燃速减小、光度降低.现行的压药压力一般控制在100~150 MPa,照明剂燃速基本控制在2.8~3.0 mm/s,这样既保证了照明剂具有合适的燃烧线速度,又保证了照明剂具有较高的发光强度.

混合好的照明剂,各颗粒之间的结合方式为啮合式结合.施压初期,压力主要由颗粒变形、颗粒内部间隙减小承受;随着压力的增大,颗粒的变形逐渐由颗粒表面渗入到颗粒内部,使照明剂颗粒产生弹性变形;当继续加大压药压力时,将会使颗粒产生塑性变形,甚至产生照明剂颗粒被压破的现象.当成型压力撤除后,照明剂颗粒上的反作用力变为试图恢复原来状态的蠕变力.随着贮存时间的增长,这种蠕变力将使照明剂由内层至表层的密度逐渐变小,从而使照明剂光强增大,而燃速加快,燃烧时间缩短,可能使得有效照明时间小于照明弹的战技指标,影响照明弹药的使用.

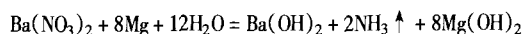
照明剂具有吸湿性,其吸湿性大小与其组成成分的吸湿性、药剂的密度,以及接触潮湿空气的药面情况有关.如含硝酸钡的照明剂较含硝酸钠的照明剂吸湿性小,压制的比散装的小.在其他条件相同的情况下,成分的粉碎程度越高吸湿性越大.照明弹弹丸内有多数元件容易吸湿,从而影响照明弹药的使用,所以照明弹内腔都采取了严格密封措施.但是随着贮存时间的增加,密封部位的元件会出现老化现象,从而使其失去密封性,并且照明弹药的贮存环境不同,老化速度也会不同,造成其吸湿程度不同.

照明剂吸湿后,可能会出现成分析出、龟裂、密度减小等,从而使得照明剂在燃烧过程中,由于密度减小和出现龟裂使得燃气向药剂内部渗透加快,燃速增大,燃烧时间减少,并且由于成分析出会使发光强度不稳定,出现较频繁的强弱变化.同时由于其含水量增多使得在燃烧过程中水分蒸发和蒸汽的扩散会加快火焰的冷却,使火焰温度降低,发光强度降低,使得照明弹药不符合战技指标的要求,失去使用价值.

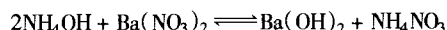
2.2 化学因素对长储照明弹药性能的影响^[4]

照明剂吸湿后还会使药剂产生分解反应.例如镁粉和

硝酸盐的混合物受潮后金属粉回氧化,同时硝酸盐被还原,并分解出氨气:



与此同时, NH_3 溶于水形成的 NH_4OH 又部分与 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 反应:



其结果使得照明剂中的有效成分减少,在燃烧过程中的生成热减少,相当于在照明剂中加入了石墨一样的添加物,使得照明剂的发光强度和燃烧速度降低,影响使用效果,严重时会使其不能符合照明弹药的战技指标从而失去使用价值。

3 讨论

经过上面的分析得知照明弹药作为特种弹药在使用过程中的特殊要求,并且得出,照明弹药经过长期储存后,可以从发光强度、辐射光谱分布和有效照明时间3个方面判断其能否继续储存使用。

通过分析照明弹药可能发生的理化性能变化对性能产生的影响可以得出:对照明弹药照明剂性能产生重要影响的因素为由于照明剂在成型时施加压力使照明剂颗粒上产生的试图恢复原来状态的蠕变力。随着贮存时间的增

长,这种蠕变力将使照明剂由内层至外层的密度逐渐减小,使得照明剂燃速加快,照明时间缩短。还有一个非常重要的因素是照明剂的吸湿性不仅使照明剂的物理性能发生变化,影响照明剂的性能,还会使照明剂发生化学变化,严重影响照明剂的使用效果。这就要求在照明弹药的生产中,对照明弹弹丸要采取严格的密封措施,并且要采用抗老化能力强的材料进行密封,以应对照明弹药长期储存的需要。并且对于储存照明弹药的库房要严格控制其温湿度及其变化,使其储存在一个相对比较稳定的环境中,减缓各种不利变化的产生。

参考文献:

- [1] 潘汽配,杨硕.烟火学[M].北京:北京理工大学出版社,1997.
- [2] 陆珥.炮兵照明弹设计[M].北京:国防工业出版社,1978.
- [3] 凌勇,张伦武,杨德模.某榴照明弹及加榴红色发烟弹长贮特性研究[J].表面技术,2003,32(4):12-14.
- [4] 侯贺明.库存照明弹储存性能研究[D].石家庄:军械工程学院,2003.

(上接第14页)

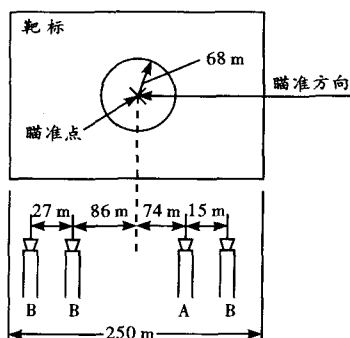


图4 高速数字摄像机的间距

4 结束语

利用高速数字摄像机测量导弹着靶姿态和着靶过程受外界环境条件等的制约较大,因此,高速数字摄像机在靶场布站时一定要综合考虑,权衡利弊,既要设法满足试验任务的要求,又要尽量满足光测设备本身的要求^[8]。只有这样,才能使设备的工作性能得到充分的发挥,最终提

供出可靠的高精度的测量数据。

参考文献:

- [1] 唐运刚,曹剑中,李变侠,等.一种高速摄影机同步控制系统[J].光子学报,2004,33(8):1021-1024.
- [2] 苏增立,高昕,王建军,等.高速摄像系统及其在靶场中的应用分析[J].飞行器测控学报,2003,22(3):48-52.
- [3] 张三喜,姚敏,孙卫平.高速摄像及其应用技术[M].北京:国防工业出版社,2006.
- [4] 冀光祖,武拥军,师振荣.关于光测设备布站的探讨[J].导弹试验技术,2005(2):29-31.
- [5] 高昕,苏建刚,张光明.CCD摄像机交会测量目标脱靶量布站分析[J].应用光学,2000,21(5):40-43.
- [6] 王泽民,高俊钊,雷志勇,等.CCD交会测量系统布站方式的精度分析[J].山西电子技术,2006(5):38-40.
- [7] 王钦笙.数字通信[M].北京:人民邮电出版社,1993.
- [8] 滕勇,金熠,胡红专,等.单个CCD摄像机大视场测量方法[J].机械与电子,2006(6):20-23.