

环氧丙烷混合燃料中铝粉 活性的实验研究

刘光烈

(南京理工大学, 南京 210014)

摘要 作者对添加铝粉来提高环氧丙烷燃料空气炸药威力问题,进行了实验研究。实验证实,混合燃料在55℃下贮存700h后铝粉活性降低约43%,之后逐渐减慢,其威力亦随之显著降低。

关键词 燃料空气炸药 铝粉 环氧丙烷

1 引言

可作为燃料空气炸药的燃料有环氧乙烷、环氧丙烷、甲烷、含有少量丁烷的液化石油气及二硼烷等^[1],其中常用的而且比较成熟的,当属环氧乙烷和环氧丙烷。环氧乙烷和环氧丙烷不仅碎解雾化性能较好,易与空气形成爆炸性云团,而且原料来源丰富、生产简便、成本低廉。但是,能量偏低是它们共存的缺点。如何提高燃料的能量,进而提高燃料空气炸药的威力是迫切需要解决的问题。

为提高燃料空气炸药的威力,我们曾采用过在环氧丙烷中按质量比添加一定量铝粉的技术方案。之所以选择铝粉是基于下述考虑:从定性来说,为了提高燃料的能量,可选择燃烧热高、密度大及耗氧量低的金属燃烧剂,添加到主体燃料中去。目前金属燃烧剂主要有铝、镁、铍、锌、锆等。其中镁、锌易被氧化;铍燃烧热高,但燃烧产物毒性大,而且价格昂贵,限制了使用;铝燃烧热虽比铍低,但其耗氧量和价格比铍低,关键的问题在于铝粉添加到环氧丙烷中配制成混合燃料后,经过长贮后铝粉的活性是否有变化,这关系到能否真正提高燃料空气炸药威力。为此,笔者对混合燃料长贮过程中铝粉活性的变化情况进行了实验研究。

2 实验条件的确定

战斗部预定的长贮期为五年(贮存温度 $30\pm 5^{\circ}\text{C}$),五年后战斗部所装燃料全部倒出,战斗部内腔经清洗后重新装新燃料。但是,不可能在漫长的五年时间里,逐年取样检测铝粉的活性变化,而目前又无制式的加速实验方法。为此,我们制定了如下加速实验方案:

- 1) 贮存器的材质与战斗部相同,均为防锈铝(LF₅),制备三个容器供实验用;
- 2) 制备混合燃料的原材料与实际使用时一致;

3) 混合燃料的灌装条件与实弹相同,容器内不抽真空,燃料等量装入三个容器内并密封;

4) 混合燃料环氧丙烷、铝粉、稳定剂的配方和制备工艺与实弹使用时一致;

5) 加速实验的贮存温度为 $50 \pm 5^\circ\text{C}$;

6) 贮存时间为 2100h, 每隔 700h 取样检测一次, 每次开启一个容器取样。

3 铝粉活性的检测

3.1 检测方法

采用气体容量法检测铝粉的活性^[2]。检测的基本原理是: 试样与氢氧化钠反应, 其中活性铝置换出等当量的氢气, 根据氢气体积计算活性铝含量。活性铝含量的计算式如下:

$$\text{活性铝}(\%) = \frac{(p_1 - p_2 - p_3) \cdot V \times 0.002165}{(273 + t) \cdot m} \times 100$$

式中: p_1 为气压计读数, kPa; p_2 为气压计读数温度订正值, kPa; p_3 为 $t^\circ\text{C}$ 时的水蒸汽压力, kPa; V 为生成的氢气体积, ml; m 为称样量, g; 0.002165——氢换算为活性铝的换算系数。

3.2 检测结果

为了对比的需要, 在 325 目的铝粉添加于环氧丙烷前, 对其活性作了检测, 结果活性铝含量为 96.32%, 与出厂合格证相符, 合格证标注活性铝含量为 96~98%, 在不同时刻对铝粉活性的检测结果见表 1。

表 1 检测结果¹⁾

Table 1 Content of activated Al after different storage time

贮存时间/(h)	活性铝含量/(%) ²⁾
0	96.32±0.016
700	53.30±0.022
1400	51.10±0.015
2100	48.00±0.034

注: 1) 混合燃料在 $50 \pm 5^\circ\text{C}$ 条件下贮存。

2) 每次检测 10 个样品, 取其平均值。

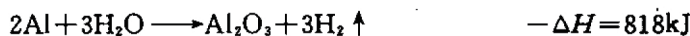
需申明的是, 每次检测均由分析检测中心的专职人员按国家标准取样分析, 所以上述检测结果是可信的。

4 讨论

从检测结果看, 当贮存 700h 后, 铝粉活性下降约 43%; 当贮存 1400h 和 2100h 后, 铝粉活性下降较缓慢。出现这一现象的原因可能有三:

1) 与铝粉在混合燃料中的动力不稳定性有关。铝粉的相对密度 d_{25}^{25} 为 $2.6978\text{g}/\text{cm}^3$, 环氧丙烷的相对密度 d_{25}^{25} 为 $0.8930\text{g}/\text{cm}^3$, 在混合燃料中尽管采取了多种技术措施以减缓铝粉的沉降, 但实践证实铝粉的沉降仍会发生, 并随着贮存时间的增长, 沉降的铝粉堆积得愈来愈密实, 这样上层铝粉对下层铝粉就起了保护作用。

2) 在密闭的贮存容器中, 空气量有限, 而且工业环氧丙烷的含水量不超过 0.05%^[3]。混合燃料中的铝粉活性的降低, 主要是其与空气中的氧和环氧丙烷所含的水作用的结果:



故在贮存初期, 氧及水已大量消耗之后, 再随着贮存时间的增长, 铝粉活性下降变缓。

3) 铝的氧化产物 Al_2O_3 结构致密, 蒙在铝的表面形成一层保护膜, 使铝难以继续被氧化。

4 初步结论

从检测结果看, 铝粉添加到环氧丙烷中配制的混合燃料, 在 $50 \pm 5^\circ\text{C}$ 的条件下贮存 700h 后, 铝粉活性降低约 43%。从这一事实可以看出, 混合燃料经过长贮后, 在燃料空气炸药爆轰过程中由铝粉提供的能量, 要比预期值小得多, 加之铝粉的价格要比环氧丙烷高 4~5 倍。所以, 认为采用环氧丙烷中添加铝粉的技术途径, 是难以达到提高燃料空气炸药威力的目的。

参 考 文 献

- 1 《混合炸药》编写组. 猛炸药化学与工艺学(下册). 北京: 国防工业出版社, 1983. 252
- 2 GB3169.1-82. 铝粉化学分析方法 气体容量法测定活性铝.
- 3 许会林, 汪家骅. 燃料空气炸药. 北京: 国防工业出版社, 1980. 33

STUDY ON THE ACTIVITY OF ALUMINIUM POWDER IN ITS MIXTURE WITH EPOXYPROPANE MIXTURES

Liu Guanglie

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210014)

ABSTRACT The effect of aluminium powder on the power of epoxypropane containing fuel-air explosives (FAE) was studied experimentally. It was demonstrated that the activity of aluminium powder in the fuel mixture was about 43% decreased after 700h storage at 55°C and the power of the FAE was also remarkably reduced thereof.

KEYWORDS fuel-air explosive, aluminium powder, epoxypropane.