

文章编号: 1006-9941(2000)03-0127-03

炸药感度评价方法的探讨

胡庆贤

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 提出了以比较被测炸药与基准炸药的贴进度评价炸药感度的方法,对几种炸药的感度进行了排序,并进行了讨论。

关键词: 炸药感度; 贴进度

中图分类号: TQ560.72; TQ561

文献标识码: A

1 引 言

为研究炸药在生产、加工、运输和使用过程中的安全性,已建立了多种感度试验方法。不同试验方法所用试验装置、试样量、试样状态不同,所得结果也不同,因此评价炸药的感度就成为一个较复杂的问题。Popolato^[1]提出了加乘法,即将各种炸药用一种测试方法测得的感度从高到低排序,最敏感的为 1,依次为 2, 3……,求出每种炸药的“顺序数”。分别将每种炸药在落锤试验、大小隔板试验、枪击试验、滑道试验、大型跌落试验等六种方法中的顺序数相加得到总和,炸药的总和数越小认为炸药的感度越高。Smith^[2]提出了图解法,通过作图求出炸药的感度排序。Treamann^[3]用热感度、机械感度以及冲击波感度来评价火工品的危险性,并建议用记分来表示感度的试验结果。小川辉繁等^[4]在 Treamann 方法的基础上通过调整试验方法、评分基准等研究了钝感爆炸性物质的感度评价方法。朱祖良^[5]用类似方法评价了高能炸药的感度。本文以被测炸药与基准炸药的贴进度来评价炸药的感度,并对其结果进行了讨论。

2 方法概述

设论域 $U = \{X_1, X_2, \dots, X_{n-1}\}$, X_1, X_2, \dots, X_{n-1} 为待评价的炸药。每种炸药又由 m 个指标表示不同的试验方法测得的感度结果或通过一定的程序换算的感度指标。即

$$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}) \quad (i = 1, 2, \dots, n-1)$$

其数据如表 1 所示。另设置一种基准炸药 X_n , 它的各种感度(或指标)均比表中其它炸药的感度低(或高)。

表 1 炸药及设定的基准炸药的感度或感度指标

Table 1 Sensitivities or sensitivity targets of explosives and standard explosives

炸药名称	感度或感度指标			
X_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1m}
X_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2m}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X_{n-1}	$X_{(n-1)1}$	$X_{(n-1)2}$...	$X_{(n-1)m}$
X_n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nm}

作平移-极差变换,

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}^{(j)}}{X_{\max}^{(j)} - X_{\min}^{(j)}} \quad (1)$$

式中, X_{ij} 是第 i 种炸药的第 j 项指标的数据。 $X_{\max}^{(j)}$ 、 $X_{\min}^{(j)}$ 分别是这 n 种炸药第 j 项指标的最大值和最小值, \bar{X}_{ij} 是标准化后第 i 种炸药的第 j 项指标的标准值。极差-平移变换后的数据如表 2 所示。

表 2 标准化后基准炸药的感度或感度指标

Table 2 Sensitivities or sensitivity targets of explosives after standardization

炸药名称	感度或感度指标			
X_1	\bar{X}_{11}	\bar{X}_{12}	...	\bar{X}_{1m}
X_2	\bar{X}_{21}	\bar{X}_{22}	...	\bar{X}_{2m}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X_{n-1}	$\bar{X}_{(n-1)1}$	$\bar{X}_{(n-1)2}$...	$\bar{X}_{(n-1)m}$
X_n	\bar{X}_{n1}	\bar{X}_{n2}	...	\bar{X}_{nm}

收稿日期: 2000-01-05; 修回日期: 2000-06-12

作者简介: 胡庆贤(1942-),男,研究员,从事炸药机械感度的研究工作,获部级科技进步奖五项,发表论文 25 篇。

计算表2中各炸药对基准炸药的贴进度 $\sigma(\bar{X}_n, \bar{X}_i)$

$$\sigma(\bar{X}_n, \bar{X}_i) = 1 - \sum_{j=1}^m a_j |X_{nj} - X_{ij}| \quad (2)$$

$(i = 1, 2, \dots, n-1)$

$$\text{且 } \sum_{j=1}^m a_j = 1, a_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, m$$

根据炸药的使用状态及各参数在决定炸药感度上所起的作用来选择加权系数 $a_j = (1, 2, \dots, m)$ 。

比较各炸药与基准炸药的贴进度,若基准炸药的感度最低(高),与基准炸药的贴进度越大,炸药的感度则越低(高),由此可将炸药按感度由低到高的次序进行排序,以比较各种炸药感度的高低,对其感度进行评价。

3 几种炸药的感度评价

设论域 $U = \{X_1, X_2, \dots, X_8\}$, X_1, X_2, \dots, X_8 分别表示 PBX-9404、PBX-9501、Comp. B-3、Cyclotol 75/25、PBX-9011、LX-04、PBX-9205、LX-07 炸药。设每种炸药的感度取决于撞击感度(H_{50})、冲击波感度(小隔板试验)、苏珊试验、滑道试验 I 和滑道试验 II 五个指标。

滑道试验 I 和滑道试验 II 分别为 14° 和 45° 滑道试验的结果,其数据如表3所示。

表3 几种炸药的性能数据

Table 3 Property data of some explosives

炸 药	感度 ^[6]		感度指标 ^[7]		
	撞击感度	冲击波感度	苏珊	滑道试验	
	H_{50}/cm	G_{50}/mm	试验	I	II
PBX-9404	34	2.5	7	8	6
PBX-9501	44	1.6	6.7	3	0
Comp. B-3	29	1.3	5	4	0
Cyclotol 75/25	33	0.33	6.1	6.5	0
PBX-9011	44	1.6	5.7	1	0
LX-04	41	1.5	6	3.5	3.5
PBX-9205	42	0.77	6.2	4.5	5.5
LX-07	38	2.1	6.5	6	4.5
基准炸药(X_n)	44	0.33	5	1	0

表3中冲击波感度的数据取文献^[6]报道数据的中值。本文用参考文献^[7]中的方法,根据苏珊感度曲线将试验结果分为7级。对滑道试验,主要根据试验中最高反应等级及相应的落高判断其感度等级。表3中所列苏珊试验、滑道试验 I 和滑道试验 II 的数据是

这些试验的感度等级。

比较表3中的数据,找不出一种炸药各项指标在所示炸药中最低(或最高),为此,设定了一种基准炸药 X_n ,它的各项感度指标都比表3中其他炸药低。表3的数据经平移-极差变换列于表4。

表4 平移-极差变换后的炸药性能数据

Table 4 Property data of explosives after change

炸 药	感 度		感 度 指 标		
	撞击感度	冲击波感度	苏珊	滑道试验	
	H_{50}/cm	G_{50}/mm	试验	I	II
PBX-9404	0.333	1	1	1	1
PBX-9501	1	0.58	0.850	0.286	0
Comp. B-3	0	0.447	0	0.429	0
Cyclotol 75/25	0.267	0	0.550	0.786	0
PBX-9011	1	0.585	0.350	0	0
LX-04	0.800	0.539	0.500	0.357	0.583
PBX-9205	0.867	0.203	0.600	0.500	0.917
LX-07	0.600	0.816	0.750	0.714	0.750
基准炸药	1	0	0	0	0

撞击、冲击波、苏珊试验的加权系数选0.25,滑道 I 和滑道 II 选0.125,利用(2)式计算各炸药对基准炸药的贴进度 σ ,结果见表5。将炸药按感度由低到高依次排序: PBX-9011、PBX-9501、PBX-9205、Comp. B-3、Cyclotol 75/25、LX-04、LX-07、PBX-9404。由于 PBX-9205、Comp. B-3、Cyclotol 75/25 三种炸药对基准炸药的贴进度接近,可认为这三种炸药的感度大体相当。

表5 几种炸药对基准炸药的贴进度

Table 5 Nearness of some explosives to standard explosive

炸 药	与基准炸药的贴进度 σ
PBX-9404	0.083
PBX-9501	0.605
Comp. B-3	0.584
Cyclotol 75/25	0.581
PBX-9011	0.767
LX-04	0.573
PBX-9205	0.588
LX-07	0.325

4 讨 论

(1) 炸药感度的测试有多种方法,不同方法模拟炸药在不同作用条件下的敏感度。用 Smith 提出的图

解法评价炸药的感度时,要用两种试验结果作为炸药“点火”及“传播”难易程度的代表。由于在不同的条件下,炸药“点火”、“传播”的难易程度不同,用两种试验表示炸药在外界使用条件下的“点火”与“传播”的难易程度可能有一定的局限性。加成法使用了多种感度测试的结果,在一定程度上能反应各种感度试验结果对综合评价炸药的感度所起的作用,但在某种使用状态下,炸药的感度还是应以特定模拟试验结果作为主要评价依据。用记分方法求得的值与实验值有较好的相关性,但在评分基准上不免带有人为的因素,对试验值进行半经验的数学处理也较复杂。本文的方法可使用多种感度测试方法的数据,且根据炸药的使用情况决定各个方法的加权系数,能更好地反映出炸药使用中的安全性。

(2) 本文将苏珊试验、滑道试验结果换算成相应的感度指标,这种换算还不够准确,今后将进一步进行研究。

参考文献:

- [1] Popolato A. [R]. LA-DC-5612, 1962.
- [2] AD - A044783 [R].
- [3] Treumann H. [J]. 工业火药, 1978, 39(3): 149 - 150.
- [4] 小川辉繁. [J]. 工业火药, 1980, 41(6): 345 - 352.
- [5] 朱祖良. 关于炸药感度评价的初步探讨[J]. 火炸药, 1983(5): 51 - 54.
- [6] UCRL - 14592.
- [7] 胡庆贤. 模糊数学在评价炸药性能中的应用[J]. 含能材料, 1999, 7(2): 83 - 88.

An Investigation of Evaluation Method on Explosives Sensitivity

HU Qing-xian

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: Explosive sensitivity is evaluated by comparing nearness of tested explosive to standard explosive. Sequence is lined up according to explosive sensitivity.

Key words: explosive sensitivity; nearness