

液体发射药配方设计中粘度的研究

刘国权 赵珍娣 王天佑 彭金凤
(西安近代化学研究所, 西安 710065)

摘要 配制了多个液体发射药配方, 测定了各配方在不同温度下的粘度值, 研究了各组分含量的变化对粘度的影响, 通过拟合, 得出了粘度随温度和组分变化的规律。

关键词 配方设计 液体发射药 粘度

1 引言

液体发射药(LP)是一种新型的发射药, 因其潜在的优越性, 具有广阔的应用前景。目前国内外研究的主要是硝酸羟胺(HAN)基LP, 就是因为 HAN 基 LP 具有良好的水溶性, 在 $-50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内能够保持均相液态而不发生相变, 具有传统固体发射药所无法比拟的许多优点, 其性能及使用完全不同于固体发射药^[1-3]。

在 LP 火炮中, LP 首先被泵入火炮贮液室中, 通过狭缝喷射、雾化进入燃烧室燃烧, 产生压力推动弹丸运动。因此 LP 的流动特性如粘度直接影响着 LP 的喷射、雾化和燃烧性能。

在配方优化设计中, 粘度是重要的物理性能之一, 故必须研究配方组分对粘度的影响, 这对提高 LP 配方的综合性能是非常必要的。

2 配方的选择与配制

目前国外研究最多也比较成熟的 HAN 基 LP, 主要由硝酸羟胺(HAN)、三乙醇胺硝酸盐(TEAN)和水(H_2O)组成。

为了更清楚地观察 LP 配方中各组分含量变化的情况, 设计了如图 1(a)所示的三组分相图; 如图 1(b)所示, 图中所示 0 处含 HAN 为 60.8%, TEAN 为 19.2%, H_2O 为 20.0%, 通过比较还可以看出图中沿 1、2、3、4 各点及平行于它们的各条线

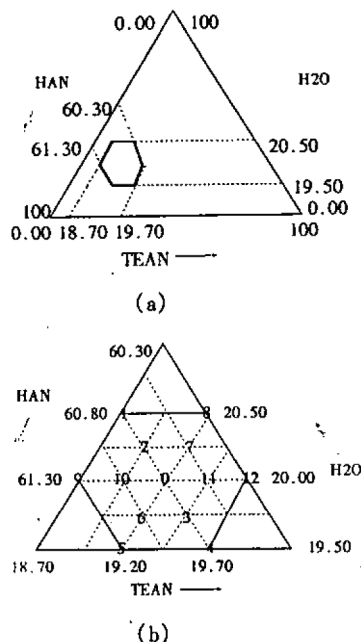


图 1 HAN-TEAN- H_2O 三组分体系
Fig.1 HAN-TEAN- H_2O triple components system

上任一点所对应的配方中 HAN 的含量相同, 类似的沿 5、6、7、8 各点或沿 9、10、11、12 各点及分别平行于它们的各条线所对应的配方中 TEAN 和 H₂O 的含量分别相同。根据三组分相图的分析, 选择图中 0~12 各点, 分别配制与上述各点相对应的配方, 测定这些配方粘度, 以研究配方中各组分对 LP 粘度的影响。利用乌氏粘度计(粘度计常数为 0.02459mm²/s²)分别测定上述配方在 20℃、30℃、40℃和 50℃下的粘度值, 其组分的含量及粘度测定结果见表 1。

表 1 各配方中组分含量及粘度测定值

Table 1 Constituent content of formulations and their viscosity at different temperature

配方名称	组 分/(%)			粘 度/(mm ² /s)			
	HAN	TEAN	H ₂ O	20℃	30℃	40℃	50℃
LD-0	60.80	19.20	20.00	6.33	4.81	3.78	3.05
LD-HAN-1	60.80	18.70	20.50	6.01	4.58	3.59	2.92
LD-HAN-2	60.80	18.95	20.25	6.16	4.67	3.66	2.98
LD-HAN-3	60.80	19.45	19.75	6.39	4.90	3.79	3.09
LD-HAN-4	60.80	19.70	19.50	6.51	5.04	3.87	3.16
LD-TEAN-1	60.30	19.20	20.50	6.06	4.60	3.62	2.93
LD-TEAN-2	60.55	19.20	20.25	6.21	4.71	3.69	2.98
LD-TEAN-3	61.05	19.20	19.75	6.44	4.88	3.82	3.09
LD-TEAN-4	61.30	19.20	19.50	6.54	4.97	3.88	3.13
LD-H ₂ O-1	61.30	18.70	20.00	6.30	4.80	3.76	3.03
LD-H ₂ O-2	61.05	18.95	20.00	6.45	4.89	3.82	3.08
LD-H ₂ O-3	60.55	19.45	20.00	6.30	4.78	3.75	3.04
LD-H ₂ O-4	60.30	19.70	20.00	6.45	4.87	3.79	3.06

3 粘度与温度的关系

如果以指数函数将测定的配方粘度值对温度分别进行拟合可以得到各配方粘度(η)随温度(t)变化的函数关系式^[4], 结果见表 2。

由拟合结果可以看出, 采用指数模型拟合粘度与温度的关系, 得出了较好的结果。通过比较, 可以看出温度升高时, 各配方的粘度降低。虽然各个配方组分含量有所不同, 但是各配方拟合关系式中指数项变化都不大, 而且指前因子的变化也很有规律, 因此可以认为在研究的三个系列配方中, LP 粘度随温度的变化率基本接近, 其中 LD-H₂O 系列配方尤其明显。

表 2 各配方粘度测定值对温度的拟合结果

Table 2 Fitted results of experimental viscosity vs temperature for different formulations

配方名称	拟合关系式	相关系数
LD-0	$\eta = 10.12345e^{-0.02425t}$	0.9985
LD-HAN-1	$\eta = 9.56244e^{-0.02405t}$	0.9980
LD-HAN-2	$\eta = 9.80066e^{-0.02415t}$	0.9978
LD-HAN-3	$\eta = 10.25998e^{-0.02435t}$	0.9982
LD-HAN-4	$\eta = 10.04709e^{-0.02428t}$	0.9983
LD-TEAN-1	$\eta = 9.67367e^{-0.02418t}$	0.9983
LD-TEAN-2	$\eta = 9.95529e^{-0.02442t}$	0.9982
LD-TEAN-3	$\eta = 10.33149e^{-0.02446t}$	0.9983
LD-TEAN-4	$\eta = 10.53160e^{-0.02456t}$	0.9984
LD-H ₂ O-1	$\eta = 10.11476e^{-0.02433t}$	0.9985
LD-H ₂ O-2	$\eta = 10.41219e^{-0.02467t}$	0.9985
LD-H ₂ O-3	$\eta = 10.09365e^{-0.02436t}$	0.9981
LD-H ₂ O-4	$\eta = 10.43891e^{-0.02489t}$	0.9983

4 粘度与各组分的关系

根据表 1 数据分别求出各配方系列在不同温度下的粘度最大变化量,其结果如表 3 所示。

由表 1 和表 3 可以看出,在 LD-H₂O 配方系列中,H₂O 含量保持不变,该系列粘度最大变化值明显小于其它两个配方系列,所以在三个组分中,水对粘度的影响最为显著。

另外,在不同温度下 LD-HAN 系列的粘度最大变化值均比 LD-TEAN 系列稍大,在 LD-HAN 系列和 LD-TEAN 系列配方中,水的改变量完全相同,同时 TEAN 和 HAN 改变量分别相同,相对 HAN 而言,TEAN 对粘度的影响稍大一些,这可能是因为 TEAN 相对是一个较大分子的缘故。

LD-H₂O-1,2,3,4 配方保持 H₂O 不变。因为 HAN 含量与 TEAN 含量分别等量增减时,它们对粘度影响相互抵消,使各配方之间的粘度值相差很小。由于在配方配制和粘度测定过程中可能存在的误差,出现了这几个配方随组分变化时粘度值上下波动的情况。

因此在配方设计中,可根据三组分对粘度的影响程度,结合其它性能要求,进行优化设计,以期获得综合性能较好的配方。

5 结 论

设计了系列配方,其组分在一定范围内变化,研究了粘度变化的规律,为配方的物理性能设计提供了依据,可以得出以下结论:

- (1) HAN 基 LP 各配方的粘度值随温度的升高而减小。
- (2) LP 配方粘度值与温度之间呈指数关系。
- (3) HAN 基 LP 的三组分中,HAN 和 TEAN 使粘度增大,而 H₂O 使粘度减小。
- (4) HAN 基 LP 的三组分中,H₂O 是影响粘度最主要的因素,当 H₂O 含量一定时,HAN 和 TEAN 含量的改变对粘度影响很小。HAN 和 TEAN 含量的改变对粘度影响相近,但是相对而言,TEAN 较 HAN 影响稍大些。

参 考 文 献

- 1 张续柱,肖忠良. 液体发射药. 北京: 中国科学技术出版社,1993.
- 2 AD-A 153 051,1985.
- 3 Decker M M, Klein N, Freedman E. HAN-Based Gun Propellants: Physical Properties. Report BRL-TR-2864. U.S. Army Ballistic Research Laboratory, 1987.
- 4 马正午,王佩玲. 微型计算机软件与应用. 北京: 冶金工业出版社,1985.

表 3 各配方系列粘度最大变化值

Table 3 Maximum viscosity variation of

配方系列	温度/(°C)			
	20	30	40	50
LD-HAN	0.50	0.46	0.28	0.24
LD-TEAN	0.48	0.37	0.25	0.20
LD-H ₂ O	0.15	0.07	0.03	0.03

CONSIDERATION OF VISCOSITY IN LIQUID PROPELLANT FORMULATION DESIGN

Liu Guoquan Zhao Zhendi Wang Tianyou Peng Jinfeng

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065)

ABSTRACT A series of liquid propellant formulations containing different percentage of hydroxyammonium nitrate (HAN), triethanolamine nitrate (TEAN) and water were designed to determine their viscosity at different temperature. The variation rule of viscosity respect to the content of ingredients and temperature are obtained by means of regression and fitting the experimental viscosity with temperature for different formulations.

KEYWORDS formulation designing, liquid propellant, viscosity.



作者简介 刘国权 (Liu Guoquan), 1973 年出生, 1994 年毕业于兰州大学化学系物理化学专业, 现在西安近代化学研究所工作, 从事液体发射药配方设计和物理性能研究。

www.emc-material.com
含能材料