DOI: 10.11883/bzycj-2016-0140
文章编号: 1001-1455(2018)01-0191-06

计算 CHNO 和 CHNOAl 炸药爆速的一种新方法*

杨慕天,郑 波
(北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室,北京 100081)

摘要: 基于理想混合炸药模型的概念,提出一种计算混合炸药爆速的新方法,并构造空气和铝粉与炸药组分相关的特征爆速关系式。对装药密度大于最大理论密度 85%的 26 种 CHNO 类混合炸药、13 种 CNNO 类单质炸药、25 种含铝炸药进行计算,爆速的计算值与实验值吻合较好,平均相对误差为 0.01%,相关系数为 0.961 5。通过数据分析,新方法优于 Urizar 方法和 Kamlet 方法。新方法是一种计算 CHNO 类和 CHNOAl 炸药爆速的可靠方法,对新型混合炸药的研究具有一定指导意义。

关键词: CHNO 类炸药;CHNOAl 炸药;Kamlet 方法;Urizar 方法
中图分类号: O381 **国标学科代码**:1303510 **文献标志码**: A

炸药的爆速是衡量炸药爆轰性能的重要标志量。目前,常用的爆速计算方法大致上可分为两大类:第一类是通过热力学状态方程计算爆速,例如 BKW 方法[1]和 VLW 方法[2]等;第二类是通过对实验数据关联得到经验公式对爆速进行计算,例如 Kamlet 方法[3]、Urizar 方法和 Stine 方法[4]等。前者需要求解状态方程,计算量较大,在实际应用中受到一定的限制;后者在计算上相对较为简单,但 Kamlet 方法和 Stine 方法均需要生成热数据,对于新型炸药的应用受到了限制,而 Urizar 方法计算某些非理想炸药的计算值与实验值偏差过大。

本文中基于"理想混合炸药"模型[5]的概念,发展了一种计算混合炸药爆速的半理论半经验新方法,并对 CHNO 类和 CHNOAl 炸药进行计算,该方法物理意义明确,计算结果可靠。

1 计算方法

1.1 新方法描述

根据化学热力学原理[6],混合物的性质与混合物中各组分的性质及混合物的组成有关,因此将混合炸药作为固体混合物,并将混合炸药的爆速 D 作为固体混合物一种特殊的性质考虑,据此用数学方法进行处理。

根据炸药爆速的测定方法,在测试前,需将炸药压成横截面积为 A(直径很大可忽略直径效应的影响)、长度为 L 的圆柱形药柱,通过测定药柱的长度和爆轰波在药柱中的传播时间(即炸药完成爆轰过程所需要的时间)计算爆速。对于由 n 种炸药及 m 种添加剂组成质量为 m_0、装药密度为 ρ_0 的混合炸药,设想将混合炸药分离成 n 种纯组分炸药及 m 种纯组分添加剂分别考虑,即将长度为 L 的混合炸药药柱作为 n 节纯组分炸药药柱、m 节纯组分添加剂和由装药密度引起的空隙所组成的一节空气进行考虑,其横截面与混合炸药药柱横截面相同。设纯组分炸药的药柱长度为 $L_i(i=1\sim n)$,纯组分添加剂的长度为 $L_i^{(c)}(i=1\sim m)$,其长度可根据质量 m_i 计算确定,则空气的长度为 $L^{(a)}=L-(L_1+\cdots+L_n+L_1^{(c)}+\cdots+L_n^{(c)})$,如图 1 所示。

设混合炸药中第 i 种纯组分炸药的爆速为 D_i,则第 i 种纯组分炸药爆轰所用的时间为 $T_i=L_i/D_i$,并设第 i 种添加剂的特征爆速为 $D_i^{(c)}$、空气的特征爆速为 $D^{(a)}$(添加剂和空气的特征爆速为冲击波在该介质中的特性传播速度)。显然,混合炸药爆轰所用时间为:

* **收稿日期**: 2016-05-18; **修回日期**: 2016-06-07
第一作者: 杨慕天(1992—),男,硕士研究生; **通信作者**: 郑 波,zhengbo@bit.edu.cn。

$$T=T_1+\cdots+T_n+T_1^{(c)}+\cdots+T_m^{(c)}+T^{(a)}=\frac{L_1}{D_1}+\cdots+\frac{L_n}{D_n}+\frac{L_1^{(c)}}{D_1^{(c)}}+\cdots+\frac{L_m^{(c)}}{D_m^{(c)}}+\frac{L^{(a)}}{D^{(a)}} \tag{1}$$

设混合炸药的爆速为 D,有 $T=L/D$,则式(1)转化成:

$$\frac{L}{D}=\sum_{i=1}^{n}\frac{L_i}{D_i}+\sum_{i=1}^{m}\frac{L_i^{(c)}}{D_i^{(c)}}+\frac{L-\sum_{i=1}^{n}L_i-\sum_{i=1}^{m}L_i^{(c)}}{D^{(a)}} \tag{2}$$

考虑到体积比 $\varepsilon_i=\frac{V_i}{V}=\frac{w_i\rho_0}{\rho_i}$,则第 i 种纯组分的药柱长度可表示为:

$$L_i=\frac{m_i}{A\rho_i}=\frac{w_i m}{A\rho_i}=\frac{w_i AL\rho_0}{A\rho_i}=L\varepsilon_i \tag{3}$$

式中:w_i 为第 i 种纯组分的质量分数,把式(3)带入式(2)得:

$$\frac{1}{D}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\varepsilon_i}{D_i}+\sum_{i=1}^{m}\frac{\varepsilon_i^{(c)}}{D_i^{(c)}}+\frac{\varepsilon^{(a)}}{D^{(a)}} \tag{4}$$

式中:$\varepsilon^{(a)}=1-(\varepsilon_1+\cdots+\varepsilon_n+\varepsilon_1^{(c)}+\cdots+\varepsilon_m^{(c)})$。

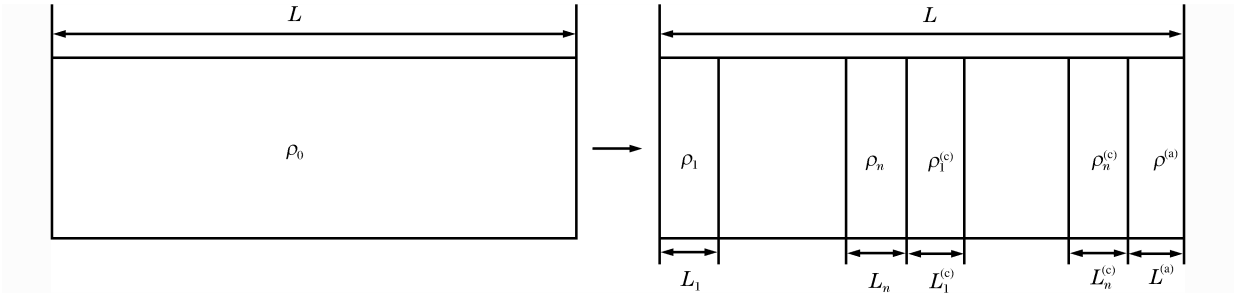


图 1 混合炸药分离示意图

Fig. 1 Schematic of composite explosive separation

1.1.1 CHNO 类混合炸药

若混合炸药是由单质炸药组合而成,没有添加剂,则式(4)简化成:

$$\frac{1}{D}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\varepsilon_i}{D_i}+\frac{\varepsilon^{(a)}}{D^{(a)}} \tag{5}$$

从式(5)中可知,只需确定了 $D^{(a)}$,就可以得到混合炸药的爆速与混合炸药组成及纯组分炸药的爆速之间的定量关系,由此可预算混合炸药的爆速。当 $\varepsilon^{(a)}=0$ 即装药密度 ρ_0 达到最大理论密度时,得到最大理论爆速:

$$D_{\mathrm{m}}=\frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2+\cdots+\varepsilon_n}{\varepsilon_1/D_1+\varepsilon_2/D_2+\cdots+\varepsilon_n/D_n} \tag{6}$$

考虑到冲击波在空气中的衰减规律,当 $\varepsilon^{(a)}$ 趋近于零时,有 $D^{(a)}$ 趋近于最大理论爆速 D_{m},初步得到 $D^{(a)}$ 与 D_{m} 的关系式为:

$$D^{(a)}=D_{\mathrm{m}}\exp(\alpha\varepsilon^{(a)}) \tag{7}$$

式中:α 为待定系数($\alpha<0$)。通过对大量实测混合炸药爆速的研究,当取 $\alpha=-5.05$ 时,可得到比较好的结果。因此,混合炸药爆速的计算可采取如下公式:

$$D=\frac{D_{\mathrm{m}}}{\varepsilon_1+\varepsilon_2+\cdots+\varepsilon_n+\varepsilon^{(a)}\exp(5.05\varepsilon^{(a)})} \tag{8}$$

1.1.2 CHNO 类单质炸药

对于不同装药密度的单质炸药,可看作是 1.1.1 节中的特殊情况,即混合炸药中只有一种单质炸药,没有添加剂,则单质炸药的爆速计算公式为:

$$D=\frac{D_1}{\varepsilon_1+\varepsilon^{(a)}\exp(5.05\varepsilon^{(a)})} \tag{9}$$

1.1.3 含铝炸药

对于含铝炸药，其添加剂为铝，则式(4)简化为：

$$\frac{1}{D}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\varepsilon_i}{D_i}+\frac{\varepsilon^{(\mathrm{Al})}}{D^{(\mathrm{Al})}}+\frac{\varepsilon^{(\mathrm{a})}}{D^{(\mathrm{a})}} \tag{10}$$

铝的最大爆速由 $\varepsilon^{(\mathrm{Al})}=0$ 和 $\varepsilon^{(\mathrm{a})}=0$ 时得到。假设 $\varepsilon^{(\mathrm{Al})}$ 和 $\varepsilon^{(\mathrm{a})}$ 均为零，可得：

$$D_{\mathrm{m}}^{(\mathrm{Al})}=\frac{\varepsilon_1+\cdots\cdots+\varepsilon_n}{\varepsilon_1/D_1+\cdots+\varepsilon_n/D_n} \tag{11}$$

通过大量实测含铝炸药爆速研究，取铝的特征爆速为 $D^{(\mathrm{Al})}=6.875-0.255\,|\,w(\mathrm{Al})-0.3\,|\,D_{\mathrm{m}}^{(\mathrm{Al})}$ 时，可取得比较好的结果。取 $\varepsilon^{(\mathrm{a})}=0$ 时，得到：

$$D_{\mathrm{m}}=\frac{\varepsilon_1+\cdots\cdots+\varepsilon_n+\varepsilon^{(\mathrm{Al})}}{\varepsilon_1/D_1+\cdots+\varepsilon_n/D_n+\varepsilon^{(\mathrm{Al})}/D^{(\mathrm{Al})}} \tag{12}$$

则含铝炸药的爆速计算公式为：

$$D=\frac{D_{\mathrm{m}}}{\varepsilon_1+\cdots+\varepsilon_n+\varepsilon_{Al}+\varepsilon^{(\mathrm{Al})}\exp(5.05\varepsilon^{(\mathrm{a})})} \tag{13}$$

1.2 Urizar 公式

文献[7]中提到计算混合炸药爆速的计算的 Urizar 公式：

$$D=\sum_{i=1}^{n}(\varepsilon_i D_i)=\sum_{i=1}^{n}\frac{D_i w_i \rho_0}{\rho_i}$$

式中：D、ρ_0 分别表示混合炸药的爆速、装药密度；ε_i 、D_i 、ρ_i 、w_i 分别表示第 i 种纯组分炸药的体积分数、特征爆速、最大理论密度、质量分数；铝和空气的特征爆速分别为 6 850 和 1 500 m/s。

1.3 Kamlet 公式

文献[7]中提到根据 BKW 状态方程的 RUBY 编码计算结果，归纳了计算 CHNO 等炸药爆速的半经验公式：

$$D=1.01\Phi^{\frac{1}{2}}(1+1.30\rho_0) \tag{14}$$

式中：Φ 表示炸药的特征值，ρ_0 表示炸药的装药密度。

对于由炸药与炸药组成的混合炸药，Φ 值采取近似计算方法[8]：

$$\Phi=\sum_{i=1}^{n}(w_i\Phi_i) \tag{15}$$

式中：w_i 、Φ_i 分别表示第 i 种纯组分炸药的质量分数、特征值。将式(15)代入式(14)中，即可得到混合炸药爆速的计算公式。

2 计算结果与讨论

根据新方法推导出的爆速计算公式，分别对装药密度大于 85%最大理论密度的 26 种 CHNO 类混合炸药、13 种 CHNO 类单质炸药和 25 种含铝炸药进行爆速 D 的计算，并与实验得到的爆速值[5,7,9-12]以及利用 Kamlet 公式的计算值和 Urizar 计算值的结果列于表 1～3，为便于观察。通过数据处理把这三种不同计算方法的总体精度列于表 4。新方法计算含铝炸药爆速时，忽略粘结剂对爆速的影响。

由表 2 可知，将不同装药密度的单质炸药作为特殊的混合炸药来处理，其计算结果依然具有较为可观的精度。

由表 3 可知，由于 wax 所占质量分数很小，故忽略了它的影响，使得主体炸药质量分数增大，从而导致计算结果偏大，但相对误差仍然小于 3%，满足精度要求，其特征爆速以后再做讨论。Urizar 方法在计算非理想度较高的含铝炸药爆速时，误差明显增大，而新方法则能够避免。

表 4 结果表明，对于 CHNO 类炸药和含铝炸药，新方法的计算值与实验值的平均相对误差和最大相对误差均低于 Urizar 方法和 Kamlet 方法，64 种炸药的平均相对误差为 0.01%，并且相对误差分布稳定，相关系数为 0.961 5，说明新方法计算值更加逼近实验值。

表 1 CHNO 类混合炸药爆速的实验与计算对比

Table 1 Comparison between experimental and calculated data of mixed CHNO explosives detonation velocity

编号	炸药配比	ρ_0/(g·cm^{-3})	D/(km·s^{-1})			D/(km·s^{-1})			D/(km·s^{-1})		
			实验[9]	计算	ε/%	实验[9]	Kamlet	ε/%	实验[9]	Urizar	ε/%
1	50RDX/50TNT	1.627	7.600	7.570	−0.34	7.600	7.460	−1.84	7.600	7.584	−0.21
2	60RDX/40TNT	1.715	7.890	7.904	0.18	7.890	7.902	0.15	7.890	7.993	1.31
3	64RDX/36TNT	1.713	8.030	7.972	−0.73	8.030	7.942	−1.10	8.030	8.039	0.11
4	65RDX/35TNT	1.715	8.060	7.992	−0.85	8.060	7.961	−1.23	8.060	8.059	−0.03
5	75RDX/25TNT	1.648	7.952	7.974	0.28	7.952	7.823	−1.16	7.952	7.965	0.16
6	77RDX/23TNT	1.743	8.252	8.246	−0.08	8.252	8.212	−0.48	8.252	8.303	0.62
7	78RDX/22TNT	1.755	8.306	8.276	−0.37	8.306	8.271	−0.43	8.306	8.356	0.60
8	42.7RDX/57.3TNT	1.700	7.500	7.603	1.38	7.500	7.641	1.88	7.500	7.719	2.92
9	35PETN/65TNT	1.668	7.358	7.353	−0.07	7.358	7.331	−0.37	7.358	7.523	2.24
10	40PETN/60TNT	1.673	7.303	7.413	1.50	7.303	7.391	1.21	7.303	7.605	4.14
11	45PETN/55TNT	1.677	7.420	7.474	0.73	7.420	7.448	0.38	7.420	7.684	3.56
12	50PETN/50TNT	1.682	7.662	7.537	−1.63	7.662	7.510	−1.99	7.662	7.765	1.35
13	50PETN/50TNT	1.660	7.530	7.514	−0.21	7.530	7.431	−1.32	7.530	7.696	2.20
14	60PETN/40TNT	1.650	7.730	7.608	−1.58	7.730	7.480	−3.23	7.730	7.792	0.81
15	60PETN/40TNT	1.626	7.340	7.547	2.82	7.340	7.393	0.73	7.340	7.715	5.11
16	25PETN/75TNT	1.623	7.250	7.198	−0.71	7.250	7.090	−2.21	7.250	7.251	0.02
17	20PETN/80TNT	1.603	7.200	7.115	−1.17	7.200	6.979	−3.06	7.200	7.124	−1.05
18	20PETN/80TNT	1.600	7.200	7.109	−1.26	7.200	6.969	−3.21	7.200	7.115	−1.18
19	10PETN/90TNT	1.624	7.100	7.056	−0.62	7.100	6.968	−1.87	7.100	7.051	−0.69
20	60CE/40TNT	1.620	7.330	7.337	0.09	7.330	7.174	−2.12	7.330	7.225	−1.43
21	60CE/40TNT	1.639	7.390	7.375	−0.20	7.390	7.241	−2.02	7.390	7.282	−1.46
22	65CE/35TNT	1.679	7.540	7.458	−1.09	7.540	7.407	−1.76	7.540	7.430	−1.45
23	76.3HMX/23.7TNT	1.809	8.452	8.437	−0.17	8.452	8.450	−0.03	8.452	8.506	0.64
24	70HMX/30TNT	1.800	8.377	8.283	−1.12	8.377	8.337	−0.48	8.377	8.394	0.20
25	75HMX/25TNT	1.810	8.480	8.407	−0.86	8.480	8.437	−0.50	8.480	8.492	0.15
26	50ENDA/50TNT	1.530	7.180	7.294	1.59	7.180	7.142	−0.53	7.180	7.179	−0.01

表 2 CHNO 类单质炸药爆速的实验与计算对比

Table 2 Comparison between experimental and calculated data of pure CHNO explosives detonation velocity

编号	炸药	ρ_0/(g·cm^{-3})	D/(km·s^{-1})			D/(km·s^{-1})		
			实验[10]	计算	ε/%	实验[10]	Kamlet	ε/%
1	RDX	1.80	8.750	8.794	0.51	8.750	8.786	0.42
2	RDX	1.77	8.700	8.764	0.74	8.700	8.684	−0.19
3	RDX	1.72	8.460	8.648	2.22	8.460	8.513	0.62
4	RDX	1.66	8.240	8.388	1.79	8.240	8.308	0.82
5	RDX	1.60	8.130	7.988	−1.75	8.130	8.102	−0.34
6	HMX	1.89	9.110	9.145	0.38	9.110	9.086	−0.26
7	PETN	1.76	8.270	8.279	0.10	8.270	8.663	4.75
8	PETN	1.70	8.070	8.208	1.71	8.070	8.457	4.80
9	PETN	1.60	7.750	7.812	0.80	7.750	8.115	4.71
10	TETRYL	1.71	7.850	7.655	−2.49	7.850	7.714	−1.74
11	TETRYL	1.68	7.500	7.625	1.67	7.500	7.620	1.60
12	TETRYL	1.61	7.580	7.443	−1.80	7.580	7.402	−2.34
13	TETRYL	1.73	7.720	7.660	−0.78	7.720	7.776	0.72

表 3 含铝炸药爆速的实验与计算对比

Table 3 Comparison between experimental and calculated data of aluminized explosives detonation velocity

编号	炸药配比	ρ_0/(g·cm^{-3})	D/(km·s^{-1})			D/(km·s^{-1})		
			实验[11]	计算	ε/%	实验[11]	Urizar	ε/%
1	90HMX/10Al	1.76	8.300	8.260	−0.48	8.300	8.193	−1.29
2	80HMX/20Al	1.82	8.300	8.091	−2.51	8.300	8.053	−2.98
3	70HMX/30Al	1.86	8.000	7.833	−2.08	8.000	7.820	−2.24
4	60HMX/40Al	1.94	7.700	7.624	−0.98	7.700	7.700	0
5	90RDX/10Al	1.68	8.030	7.968	−0.77	8.030	7.898	−1.65
6	80RDX/20Al	1.73	7.770	7.755	−0.19	7.770	7.737	−0.43
7	70RDX/30Al	1.79	7.580	7.622	0.56	7.580	7.590	0.13
8	60RDX/40Al	1.84	7.200	7.261	0.85	7.200	7.387	2.59
9	50RDX/50Al	1.89	6.810	6.826	0.23	6.810	7.163	5.18
10	90TNETB/10Al	1.75	8.120	8.024	−1.18	8.120	7.864	−3.16
11	80TNETB/20Al	1.82	7.990	7.921	−0.87	7.990	7.784	−2.58
12	70TNETB/30Al	1.88	7.840	7.817	−0.30	7.840	7.645	−2.49
13	89.4TNT/10.6Al	1.72	7.050	6.938	−1.58	7.050	6.959	−1.29
14	78.3TNT/21.7Al	1.80	7.050	6.934	−1.65	7.050	6.946	−1.47
15	67.8TNT/32.2Al	1.89	7.050	6.939	−1.57	7.050	6.943	−1.36
16	42RDX/40TNT/18Al	1.81	7.500	7.577	1.03	7.500	7.595	1.27
17	44RDX/32.2TNT/19.8Al/4wax	1.80	7.530	7.602	0.95	7.530	7.708	2.36
18	37.4RDX/27.8TNT/30.8Al/4wax	1.88	7.300	7.517	2.97	7.300	7.618	4.36
19	40RDX/38TNT/17Al/5wax	1.72	7.220	7.373	2.13	7.220	7.484	3.65
20	31RDX/29TNT/35Al/5wax	1.81	6.920	7.056	1.97	6.920	7.249	4.75
21	45RDX/30TNT/20Al/5wax	1.71	7.190	7.291	1.41	7.190	7.440	3.47
22	80TNT/20Al	1.72	6.700	6.875	2.62	6.700	6.743	0.65
23	41RDX/41TNT/18Al	1.81	7.530	7.561	0.41	7.530	7.582	0.69
24	42.1RDX/42.1TNT/15Al/0.8wax	1.75	7.490	7.531	0.55	7.490	7.519	0.39
25	42.1RDX/42.1TNT/15AL/0.8wax	1.75	7.510	7.535	0.33	7.510	7.526	0.22

表 4 不同计算方法的精度对比

Table 4 Comparison of calculated accuracy between different methods

炸药	计算方法	误差范围/%				$\bar{\varepsilon}$/%	ε_{max}/%	R^2
		$\lvert\varepsilon\rvert\leqslant 1$	$1<\lvert\varepsilon\rvert\leqslant 2$	$2<\lvert\varepsilon\rvert\leqslant 3$	$\lvert\varepsilon\rvert>3$			
CHNO 混合炸药	本文方法	16	9	1	0	−0.17	2.82	0.967 2
CHNO 混合炸药	Urizar 方法	10	10	3	3	−1.04	−3.23	0.957 9
CHNO 混合炸药	Kamlet 方法	13	7	3	3	0.72	5.11	0.918 6
CHNO 单质炸药	本文方法	6	5	2	0	0.24	−2.49	0.953 6
CHNO 单质炸药	Kamlet 方法	7	2	1	3	1.04	4.80	0.865 7
含铝炸药	本文方法	13	7	5	0	0.07	2.97	0.949 6
含铝炸药	Urizar 方法	7	6	6	6	0.35	5.18	0.851 9

3 结　论

本文中建立了计算混合炸药爆速的模型，对 CHNO 和 CHNOAl 炸药给出了计算爆速的具体公式，有利于理解混合炸药各组分对爆速的贡献，其结果优于现有的 Urizar 方法和 Kamlet 方法，此方法对混合炸药爆速计算具有良好的适用性。因此，应用新方法可以合理的预测新型混合炸药的爆速，对探索新型炸药有一定的指导意义。

参考文献:

[1] MADER C L. Numerical modeling of explosives and propellants[M]. Boca Raton: CRC Press, 2008:31-63.

[2] 陈朗,龙新平,冯长根,等. 含铝炸药爆轰[M]. 北京:国防工业出版社,2004:30-42.

[3] KAMIET M J, JACOBS S J. Chemistry of detonations Ⅰ: A simple method for calculating detonation properties of C-H-N-O explosives[J]. Journal of Chemical Physics, 1968, 48(1): 23-25.

[4] 李金山. 计算含能材料爆速的一种新方法[J]. 火炸药学报,1994,17(3):28-32.
LI Jinshan. A new method for calculating the detonation velocity of energetic materials[J]. Explosives and Propellants,1994,17(3):28-32.

[5] 王克强,孙献忠. 理想混合炸药模型的提出及其应用[J]. 火炸药学报,2002,25(1):51-53.
WANG Keqiang, SUN Xianzhong. An ideal composite explosive model proposed and its application[J]. Explosives and Propellants, 2002,25(1):51-53.

[6] 桑德勒 S I. 化学与工程热力学[M]. 吴志高,译. 北京:化学工业出版社,1985:173-460.

[7] 孙业斌,惠君明,曹欣茂. 军用混合炸药[M]. 北京:兵器工业出版社,1995:82-83.

[8] 孙业斌. 爆炸作用与装药设计[M]. 北京:国防工业出版社,1987.

[9] 郭金波. 理想混合炸药爆速的计算[J]. 洛阳师范学院学报,2003,22(2):41-44.
GUO Jinbo. The calculation of the detonation velocity of an ideal composite explosive[J]. Journal of Luoyang Teachers College, 2003,22(2):41-44.

[10] KESHAVARZ M H. A simple approach for determining detonation velocity of high explosive at any loading density[J]. Journal of Hazardous Materials, 2005,121(1/2/3):31-36.

[11] KESHAVARZ M H. Predicting maximum attainable detonation velocity of CHNOF and aluminized explosives [J]. Propellants Explosives Pyrotechnics, 2012,37(4):489-497.

[12] 韩早,王伯良. 混合炸药爆速预报的新方法[J]. 爆炸与冲击,2014,34(4):421-426.
HAN Zao, WANG Boliang. The new method for predicting detonation velocity of composite explosive[J]. Explosion and Shock Waves, 2014,34(4):421-426.

A new method for calculating the detonation velocity of CHNO and CHNOAl explosives

YANG Mutian, ZHENG Bo

(*State Key Laboratory of Explosion Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: In this work we put forward a new method for calculating the detonation velocity of composite explosive based on the concept of the ideal composite explosive model, and constructed the characteristic detonation velocity equation of air and aluminum with explosive composition. Using this method, we performed calculation of the detonation velocity for 26 mixed CHNO explosives, 13 pure CHNO explosives, and 25 aluminized explosives, all of whose maximum theoretical charge density is more than 85%. The results showed that the calculated detonation velocities were in good agreement with the experimental values. The average relative error was 0.01% and the square of the correlation coefficient is 0.9615. Compared with the commonly adopted methods such as Kamlet and Urizar, the new method was more accurate. The new method not only provides a new way to calculate the detonation velocity of CHNO explosives and CHNOAl explosives, but may also serve as reference for the study of new composite explosives.

Keywords: CHNO explosives; CHNOAl explosives; Kamlet method; Urizar method

(责任编辑 王易难)