RDX 粒度对硝胺发射药力学性能及燃烧性能的影响

杨建兴,杨伟涛,马方生,许灿啟,贾永杰,杨丽侠 (西安近代化学研究所,陕西西安710065)

aterials.org.cn またが料 X质量で 摘 要:为研究黑索今(RDX)粒度对硝胺发射药力学性能及燃烧性能的影响,设计了 RDX 质量百分数为 25.0%,平均粒径(D₅₀) 为 30, 50, 150 µm 的 3 种硝胺发射药,采用摆锤式简支梁冲击试验机、落锤试验仪与密闭爆发器分别研究了其抗冲击强度、破碎 情况及燃烧性能。结果表明,随着 RDX 粒度由 150 μm 减小至 30 μm,发射药的低温(-40 ℃)抗冲击强度由 3.46 J·cm⁻²提高至 8.99 J·cm⁻²,在落锤冲击(锤重5 kg,落高 80 cm)作用下破碎度由 96%降低到 18%。RDX 的平均粒径(D₅₀)为 30,50 μm 和 150 μm 时,发射药的燃速压力指数分别为 0.985、0.996 和 1.063。RDX 粒径为 30 μm 或 50 μm 时,发射药 u-p 曲线较光滑,发 射药燃烧稳定; RDX 粒径为 150 μm 时,在 100~150 MPa、150 MPa~ρ_{dom}的两个压力段范围内,燃速压力指数由 1.125 变为 0.612,显示燃速压力指数存在突变,发射药燃烧不稳定。

关键词:硝胺发射药;黑索今(RDX);粒度;力学性能;燃烧性能 文献标志码:A 中图分类号: TJ55

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2017.09.001

1 引 言

以黑索今(RDX)为高能添加剂组成的高能硝胺 发射药,是目前已经应用的能量最高的发射药,但配方 中大量固体组分的存在,给发射药的力学性能带来了 不利影响[1-5],导致其低温力学性能变差,存在高压下 低温冲击破碎的隐患[6-9],因此,研究提高高能硝胺发 射药低温力学性能的方法非常必要。

国内,赵毅等^[2]以皮罗棉代替3[#]硝化棉,并调整 混棉比例降低混棉氮量,改善了高能硝胺发射药的低 温力学性能。雷英杰等^[3]在高能硝胺发射药中加入 聚醚环酰胺类键合剂,从而提高了发射药的低温抗冲 击强度,该类键合剂主要是通过化学键的作用来改善 基体和填料颗粒的界面粘结情况。杨建兴等[4]在高 能硝胺发射药中加入一定量的缩水甘油叠氮聚醚 (GAP),对发射药的脱湿现象有不同程度的改善,从 而提高了发射药的低温冲击性能。硝化棉氮量越低能 量越低,聚醚环酰胺和 GAP 能量偏低,将其引入发射

收稿日期: 2017-04-11;修回日期: 2017-06-22

基金项目: 总装燃烧与爆炸技术重点实验室基金 (9140C350207130C35123)

作者简介:杨建兴(1978-),男,副研究员,主要从事发射药配方设计技 术研究。e-mail: stonexing0803@163.com

通信联系人:贾永杰(1971-),男,研究员,主要从事发射药配方设计技 术研究。e-mail: 15353495260@163.com

药中势必导致发射药能量降低,所以上述方法一定程 度上牺牲了发射药的能量性能。国外, Damse^[10]等研 究了 RDX 粒度对低易损(LOVE)发射药燃烧性能的 影响,表明合理级配 RDX 颗粒度可降低燃速压力指数 及改善燃烧性能。

RDX 粒径的变化对其能量性能不会有明显影响, 近年来原材料处理技术的提高及超细 RDX 的研制成 功^[11-12],为高能硝胺发射药综合性能的提高提供了一 条有效的技术途径。为进一步提高硝胺发射药的力学 性能,本研究制备了含不同粒径 RDX 的高能硝胺发射 药制,分析了 RDX 粒度大小对发射药力学性能及燃烧 性能的影响规律,以为高能硝胺发射药性能改善提供 一个新的途径。

2 实验部分

2.1 样品制备

2.1.1 配方设计

设计了系列硝胺发射药(NR 发射药),其中 RDX 的质量百分数为 25.0%、硝化棉(NC) 45.0%、增塑 剂 28.7%、Ⅱ号中定剂 1.3%, RDX 的平均粒径 D₅₀ 分别为 30,50,150 µm, 对应的发射药代号分别为 NR-11 NR-12 NR-13 .

2.1.2 原材料

硝化棉(NC)、双基吸收药,四川泸州化工厂;

RDX, 辽宁庆阳化工有限公司; 1,5-2-叠氮-3-硝基氮 杂戊烷(DIANP),硝化甘油(NG),纯度≥99.0%,均 由西安近代化学研究所制备;Ⅱ号中定剂,重庆长风 化工有限公司。

2.1.3 样品制备

样品制备采用半溶剂挤压成型工艺,主要包括吸 收、压片、塑化及压伸成型等工艺过程,其中硝化棉与 溶剂的质量比为1:(0.22~0.25),乙醇和丙酮混合 溶剂的质量比为1:1;选择的药型为单孔管状药及 19 孔粒状药,烘干驱除溶剂和水分后,进行力学性能、 e. NNN 和燃烧性能实验。

2.2 仪器设备及实验过程

2.2.1 摆锤式简支梁抗冲击强度试验

按 GJB770B-2005 方法 417.1 抗冲击强度简支 梁法的要求,将外径约6.2 mm、孔径约2.0 mm 的单 孔管状药处理成长 60 mm 的待测试样,再将处理过的 试样分别在常温(20±2)℃、高温(50±2)℃和低温 (-40±2)℃条件下保温 0.5 h 后,用摆锤式简支梁冲 击试验机进行试验,测试3种试样(每组5个有效试 样),在各温度条件下断裂时的冲击载荷及断裂率,计 算各试样的抗冲击强度并进行比较。

2.2.2 落锤冲击试验

将药型为18/19(发射药的平均弧厚为1.7 mm, 共19个孔,平均孔径为0.43 mm)的样品分别处理成 长度10 mm的待测试样,然后放入保温箱在-40 ℃条 件下保温2h后,用重量为5kg落锤以落高80cm的 高度分别对试样进行试验,每种样各试验两组,每组 10 粒,统计其平均破碎率并进行比较。发射药药形尺 寸及对应的撞击能见表1。

表1 3 种发射药的药形尺寸及所受撞击能

Table 1 The size of shape and impact energy of three kinds of gun propellants

				5	
propellant	D	d	2e ₁	S	E _a
	/mm	/mm	7mm	/mm ²	$/J \cdot cm^{-2}$
NR-11	12.38	0.42	1.71	117.81	33.27
NR-12	12.33	0.45	1.68	116.42	33.69
NR-13	12.28	0.43	1.69	115.60	33.91

Note: *D* is the outer diameter, *d* is the hole diameter, $2e_1$ is the web size, S is the section area, E_a is the impact energy per cm².

2.2.3 SEM 电镜试验

采用日本电子 JSM-5800 型扫描电镜观测低温 (-40 ℃)下样品的抗冲断面。

2.2.4 密闭爆发器试验

用容积为100 mL的密闭爆发器,在装填密度 0.2 g·mL⁻¹、试验温度 20 ℃、点火药为 2[#]NC、药量 1.1 g、点火压力 9.8 MPa 的条件下,对上述单孔管状药 进行静态燃烧性能测试,并对密闭爆发器试验测得的 p-t曲线进行处理,得到 u-p 曲线,每个样品试验 3 发。

结果与讨论 3

3.1 RDX 粒度对发射药的力学性能影响

抗冲击强度是用来度量发射药在高速冲击状态下 的韧性或断裂的抵抗能力的[13],是考核发射药静态力 学性能的主要数据。

采用简支梁法测试了3种发射药在低温 (-40 ℃)、常温(20 ℃)、高温(50 ℃)条件下的抗冲 击强度,结果见表2。

表2 3种发射药的抗冲击强度

Table 2 The impact strength of three kinds of gun propellants

propellant	particle size	impact st	impact strength /J · cm ⁻²				
	/µm	-40 ℃	20 ℃	50 °C			
NR-11	30	8.99	49.4	No break			
NR-12	50	8.28	34.0	No break			
NR-13	150	3.46	27.5	52.2			

由表 2 可见, RDX 粒度越小的高能硝胺发射药抗 冲强度越大, RDX 的平均粒径 D₅₀ 为 30, 50 μm 时 (NR-11 和 NR-12),高温冲击不断裂,常温抗冲击强 度分别为49.4,34.0 J·cm⁻²,低温抗冲击强度分别 为8.99,8.28 J·cm⁻²,力学强度均较优; RDX 的平 均粒径 D₅₀为 150 μm(NR-13)时,高温抗冲击强度 52.2 J·cm⁻²、常温抗冲击强度 27.5 J·cm⁻²,但其低 温抗冲击强度仅为3.46 J·cm⁻²,力学性能较差。

为进一步分析3种发射药强度的差异,采用落锤 冲击试验方法研究了其动态力学性能。观察样品被撞 击后的响应情况(即完好、完整及破碎的药粒数目), 并统计结果,实验数据见图1、图2及表3。

从图 1、图 2 及表 3 可见,3 种样品在常温下受撞 击后均完好,低温下各样品均出现低温脆性解体。在 撞击能基本相同的条件下,-40 ℃条件下 NR-11、 NR-12和 NR-13 样品的破碎率分别为 18%, 22% 和 96%,相对完好率分别为82%,78%和4%,说明 NR-11、NR-12 的强度较好, NR-13 强度较差, NR-13 的低温抗撞击性能显著低于 NR-11、NR-12 发射药,

这与简支梁法试验结果(低温抗冲击强度)吻合。 为分析 RDX 粒度对发射药力学性能影响机理,研





b. NR-12



究了发射药的微观形态,3种发射药低温抗冲击后放

c. NR-13

图1 3种发射药药粒常温(20 ℃)受撞击后的外观

Fig. 1 Profiles of three kinds of gun propellant grains after impact at 20 ℃



a. NR-11

b. NR-12

c. NR-13

图 2 3 种发射药药粒低温(-40 ℃)受撞击后的外观

Fig. 2 Profiles of three kinds of gun propellant grains after impact test at low temperature of -40 °C



a. NR-11





c. NR-13

图3 3种发射药低温(-40 ℃)抗冲击断面扫描电镜图(×2000)

Fig. 3 SEM images of the impact cross section of three kinds of gun propellants at $-40 \,^{\circ}C(\times 2000)$

表3 3种发射药低温(-40℃)撞击试验结果

Table 3Impact test results at -40 °C of three kinds of gunpropellants%

propellant	readiness rate	integrity rate	crushing rate
NR-11	48	82	18
NR-12	44 × X X X	78	22
NR-13	0	4	96
FI	Br		

由图 3 可见, RDX 粒度较小时(NR-11, NR-12), 粘结剂对固体颗粒粘结性较好(图 3a, 图 3b); RDX 粒度较大时(NR-13), 断面固体颗粒暴漏在基体的外 面(图 3c),粘结剂对固体颗粒粘结性差。这是因为 RDX 粒度越大,比表面积就越小,两种界面接触时,粒 度过大就会使接触的表面积减小,相应地就会使结合 力减小,粘结强度也就减小;而随着 RDX 粒度减小, 比表面积就越大,与粘结剂接触面随之增大,所以接触 更加良好,发射药的力学性能就愈好。

3.2 RDX 粒度对发射药燃烧性能影响

图 4 是 3 种硝胺发射药密闭爆发器试验的 p-t 曲 线、u-p 曲线。从图 4a 可以看出,RDX 粒度较大的 NR-13 发射药相比 RDX 粒度较小的 NR-11、NR-12 发射药压力上升快,燃烧较快; 从图 4b 可以看出,

3 种硝胺发射药燃速均随压力的增加而增加,RDX 粒 度大的 NR-13 发射药的 *u-p* 曲线位于 NR-11、NR-12 的上方,对应同一压力下,燃速最大。





在硝胺发射药的燃烧过程中,其燃烧表面首先发 生热分解反应,在点火燃烧初期,产生的压力较低,发 射药表面升温速率相对较低,RDX 是熔融后分 解^[14-19],RDX 需要熔融吸热后分解气化使凝聚相分 解延迟,从而降低了其低压下的分解速率,随着压力升 高,RDX 很快完成熔融分解过程,其初始的吸热过程 减弱乃至消失,燃速升高。RDX 粒径越大,吸热熔融 后,随着基体(粘结剂与增塑剂的塑化体系)燃烧的进 行压力增加,热分解速度加快,热分解变得较为剧烈, RDX 可能出现爆燃现象,与燃烧开始阶段相比,分解 放热明显增加,使药体的整个燃烧表面凹凸程度增加, 反应速度加快,因而燃速较高;而小粒度 RDX,比表面 积较大,起始阶段,熔融吸热快,随着压力的变化药体 燃烧的比表面比较平缓,特别是高压范围内,其比表面 变化速率较小,故燃速较低。

燃速压力指数 n 是表征火药燃烧性能的重要参数,其大小反映了发射药燃速对压力变化的敏感程度, 发射药的燃速压力指数在不同燃烧阶段是不同的^[20-24]。为了深入分析 RDX 粒度对硝胺发射药在不 同压力段的影响程度,利用最小二乘法对图 4b 的 *u-p* 曲线进行分段指数式(*y*=*a* · *x*^b) 拟合,得到四个压力 段的燃速压力指数 n,燃速系数 μ₁,结果见表 4。

由表 4 可见, 粒度较小的 NR-11、NR-12 发射药 在整个压力段的燃速压力指数变化不大,结合图 4b 中 NR-11、NR-12 发射药燃速与压力曲线都较光滑, 说明其燃速压力指数的变化随着压力的变化而逐渐变 化,发射药燃烧稳定; RDX 粒度较大的 NR-13 发射药 的燃速压力指数则随压力增大先升高然后又大幅度降 低(由 0.903 升至 1.125 再降至 0.612), 燃速压力指 数出现明显转折点, 结合图 4b 来看 NR-13 发射药燃 速曲线不光滑, 说明其燃速压力指数随着压力的变化 存在突变,发射药燃烧不稳定。

RDX 粒度较小的 NR-11 和 NR-12 其熔融分解过 程主要发生在凝聚相区,而当 RDX 粒度增加到 150 μm(NR-13)时,RDX 在凝聚相中完全熔融分解 难以实现,部分 RDX 在凝聚相表面脱出,在气相完成 熔融分解和燃烧过程,由于 RDX 粒度过大,起始阶段 熔融吸热多,燃烧相对缓慢,所以燃速压力指数小,燃 烧较为平稳;随着燃烧的进行,压力升高,气相化学反 应加快,大量未完全熔融分解的 RDX 颗粒从药体表面 脱出,药体表面产生较大孔穴,导致发射药燃面增加,

表 4 3 种发射药不同压力段的燃速系数 μ₁ 及燃速压力指数 n 的值

Table 4 The values of μ_1 and n in different pressure stages for three kinds of gun proper	opellant	n propell;	of gun	s of	kinds	three	for	stages	pressure	different	<i>n</i> in	and	of μ_1	values	l The	Table 4
---	----------	------------	--------	------	-------	-------	-----	--------	----------	-----------	-------------	-----	------------	--------	-------	---------

	600		pres	p_{dpm}	p _m		
propenant	parameter	50 ~ 100	100 ~150	150 ~ p _{dpm}	50 ~ $p_{\rm dpm}$	/MPa	/MPa
NP 11	μ_1	0.087	0.086	0.191	0.097	275 70	210.27
INK-II	n	1.045	1.050	0.893	0.985	2/3./9	510.2/
NID 10	μ ₁	0.085	0.173	0.183	0.118	264 12	200 E2
INK-12	n	1.078	0.9247	0.917	0.996	204.12	300.53
NID 12	μ_1	0.224	0.075	0.998	0.282	256 16	202 10
INK-13	п	0.903	1.125	0.612	1.063	230.10	505.19

Note: μ_1 is burning rate coefficient, *n* is pressure exponent. p_{dpm} is the pressure corresponding with maximum dp/dt, p_m is maximum pressure. The correlation coefficients of data processing are also over 0.995.

平行层燃烧规律被严重破坏,表现为燃烧速度加快,所 以燃速压力指数升高;但在燃烧后期压力升高,由于低 温力学性能差,发射药可能碎裂,变成了减面燃烧,随燃 烧进行,燃烧面积下降,所以燃速压力指数又大幅下降。

4 结 论

(1) RDX 粒度越小,硝胺发射药低温抗冲击强度 越大,力学性能越好。随着 RDX 粒度由 150 μm 减小 至 30 μm,发射药的低温(-40 ℃)抗冲击强度由
3.46 J·cm⁻²提高至 8.99 J·cm⁻²,在落锤冲击(重 5 kg,高 80 cm)作用下破碎度由 96%降低到 18%。

(2)硝胺发射药的燃速与 RDX 粒度有关,粒度越大,发射药燃速越高。RDX 粒径较小(30,50 μm)时, 发射药 *u-p* 曲线较光滑,发射药燃烧稳定; RDX 粒径 为150 μm 时,在100~150 MPa、150 MPa~*p*_{dpm}的 两个压力段范围内,燃速压力指数由1.125变为 0.612,燃速压力指数存在突变,发射药燃烧不稳定。

参考文献:

- [1] 贺孝军,徐霞,杜兰平,等.热塑性弹性体对硝胺发射药力学性能和燃烧性能的影响[J].含能材料, 2011,19(1)65-68.
 HE Xiao-jun,XU Xia, DU Lan-ping, et al. Effect of thermoplastic elastomer on mechanical properties and combustion performance of nitroamine propellant[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials*(*Hanneng Cailiao*),2011,19(1):65-68.
- [2] 赵毅,黄振亚,刘少武,等.改善高能硝胺发射药力学性能研究
 [J].火炸药学报,2005,28(3):1-3.
 ZHAO Yi,HUANG Zhen-ya,LIU Shao-wu, et al. Study of improving mechanical performance of high-energy nitroamine propellant[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants,2005,28 (3):1-3.
- [3] 雷英杰,杨文宝,胡荣祖. 新型键合剂在硝胺发射药中的应用[J]. 火炸药学报,2002,25(2):59-60.
 LEI Ying-jie, YANG Wen-bao, HU Rong-zu. Research on three novel bonding agents in nitramine-filled propellants[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants,2002,25(2):59-60.
- [4]杨建兴,舒安民,马方生,等. GAP 对高能硝胺发射药力学性能及 燃烧性能的影响[J].火炸药学报,2014,37(6):83-86.
 YANG Jian-xing, SHU An-min, MA Fang-sheng, et al. The effect of GAP on the mechanical and combustion performance of high energy nitramine gun propellant [J]. *Chinese Journal of Explo*sives and Propellants,2014,37(6):83-86.
- [5] 黄振亚,廖晰. 高能硝胺发射药在高膛压火炮上的使用安全性
 [J].火炸药学报,2003,26(4):8-10.
 HUANG Zhen-ya, LIAO Xi. Safety for high-energy nitroamine propellant used in high peissure gun[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants,2003,26(4):8-10.
- [6] 王燕,芮筱亭,宋振东,等.初始堆积对发射药床底部挤压应力的 影响[J].爆炸与冲击,2014,34(5):560-566.
 WANG Yan,RUI Xiao-ting,SONG Zheng-dong, et al. Effect of original packing on compression stress at the bottom of propellant

bed[J]. Explosion and Shock Waves, 2014, 34(5): 560-566.

- [7] 芮筱亭, 负来峰, 王国平, 等. 弹药发射安全性导论 [M]. 北京: 国 防工业出版社, 2009.
- [8] Horst A W, May I W, Clarke E V. The missing link between pressure waves and breechblows [R]. AD-A058 354/2GA, 1978.
- [9] Keller G E, Horst A W. Effects of propellant grain fracture on the interior ballistic of guns[R]. AD-A209 007/4/GAR,1989.
- [10] Damse R S, Singh A, Singh H. High energy propellants for advanced gun ammunition based on RDX, GAP and TAGN compositions[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2007, 32(1): 52-60.
- [11] 邓国栋,刘宏英.黑索今超细化技术研究[J].爆破器材,2009,38 (3):31-34.

DENG Guo-dong, LIU Hong-ying. Study on technology of making the superfine powder of RDX by grinding [J]. *Explosive Materials*, 2009, 38(3)31-34.

- [12] 刘杰,杨青,宋健,等. 粒度和温度对 RDX 溶解度的影响[J]. 含能 材料,2015,23(6): 537-542.
 LIU Jie,YANG Qing,SONG Jian, et al. Effects of particle size and temperature on solubility of RDX[J]. Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)2015,23(6): 537-542.
- [13] 北京大学化学系高分子化学教研室.高分子物理实验[M].北京: 北京大学出版社.1983.
- [14] 张福炀,薛耀辉,廖昕,等.表面微孔结构三基发射药的性能[J]. 含能材料,2014,22(4)509-513.
 ZHANG Fu-yang, XUE Yao-hui, LIAO Xin, et al. Performance of surface micro-porous structure triple base propellants[J]. Chinese Journal of Energetic Materials(Hanneng Cailiao),2014,22(4): 509-513.
- [15] 宋小兰,李凤生,张景林,等. 粒度和形貌及粒度分布对 RDX 安全 和热分解性能的影响[J]. 固体火箭技术,2008,31(2):168-172.

SONG Xiao-lan, LI Feng-sheng, ZHANG Jing-lin, et al. Influence of particle size, morphology and size distribution on the safety and thermal decomposition properties of RDX[J]. *Journal of Solid Rocket Technology*, 2008, 31(2): 168–172.

[16] 杨建兴,贾永杰,刘国权,等. DAGR125 发射药燃烧特征[J].火炸 药学报,2012,20(2):180-183.

YANG Jian-xing, JIA Yong-jie, LIU Guo-quan, et al. Study on combustion characteristics of DAGR125 gun propellant[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2010, 33(5): 69-71.

- [17] 杨建兴,贾永杰,刘毅,等. 含 RDX 叠氮硝胺发射药的热分解与燃烧性能[J]. 含能材料,2012,20(2):180-183.
 YANG Jian-xing, JIA Yong-jie, LIU Yi, et al. Effect of RDX on thermal decomposition and combustion performance of azidonitramine gun propellant[J]. Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao),2012,20(2):180-183.
- [18] 赵瑛,杨丽侠,刘毅,等.硝胺粒度及类型对 BAMO-AMMO 基 ETPE 发射药燃烧性能的影响[J].含能材料,2010,18(4):397-401.

ZHAO Ying, YANG Li-xia, LIU Yi, et al. Effect of particle size and types of nitramine on combustion performance of ETPE gun propellants based on BAMO-AMMO[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials*(*Hanneng Cailiao*), 2010, 18(4): 182–185.

 [19] 赵晓梅,张玉成,严文荣,等. ETPE 发射药的热分解特性与燃烧机 理[J].火炸药学报,2010,33(6):68-71.
 ZHAO Xiao-mei,ZHANG Yu-cheng,YAN Wen-rong, et al. Thermal decomposition characteristics and combustion mechanism of ETPE propellant[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2010, 33(6): 68-71.

- [20] 黄振亚, 王泽山, 张远波. 发射药燃速压力指数变化规律的研究 [J]. 含能材料,2006,14(2):123-126. HUANG Zhen-ya, WANG Ze-shan, ZHANG Yuan-bo. Regularity of burning rate pressure exponent for gun propellant[J]. Chinese Journal of Energetic Materials(Hanneng Cailiao), 2006, 14(2): 123 - 126
- [21] Richardson S L, Oberle W F. Influence of gun propellant loading density on computed burn rate in a mini-closed bomb [R]. ADA353540. Springfied: NTIS, 1998.
- [22] Homan B E, Juhasz A A. XLCB: A new closed bomb data acquisition and reduction program [R]. AD-A391803. Springfied: NTIS,2001.
- [23] Vasile T, Barbu C, Safta D. Regarding the determination of exponent from burning rate law of powder using the closed bomb data [C] // New trends in Research of Energetic Materials Proceedings of the WI. Seminar. Pordubice [s. n.]. 2005.
- [24] Tompkins R E, Bowman R E, Juhasz A A. Study on the effects of variable surface area to volume ratio on closed bomb burn rates [R]. AD-A1618263. Springfied: NTIS, 1985.

Effect of RDX Particle Size on the Mechanical and Combustion Properties of Nitramine Gun Propellant

YANG Jian-xing, YANG Wei-tao, MA Fang-sheng, XU Can-qi, JIA Yong-jie, YANG Li-xia (Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: To study the effect of RDX particle size on the mechanical property and combustion performance of nitramine gun propellant, three kinds of nitramine gun propellants containing 25.0% RDX with average particle sizes of 30, 50 µm and 150 µm were designed, their impact strength, crushing situation and combustion performance were studied by pendulum charpy impact machine, drop weight test apparatus and closed bomb, respectively. Results show that with the particle size of RDX decreasing from 150 μ m to 30 μ m, the impact strength of gun propellants at low temperature (-40 °C) increases from 3.46 J \cdot cm⁻² to $8.99 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$, and the crushing degree under the action of drop hammer impact (hammer weight 5kg and drop height 80 cm) decreases from 96% to 18%. When the average particle size of RDX, D_{50} , is 30, 50 μ m and 150 μ m, the pressure exponent of burning rate is 0.985, 0.996 and 1.063, respectively. When the particle size of RDX is 30 μ m or 50 μ m, the *u-p* curve of gun propellant is smooth, its combustion is stable. When the particle size of RDX is 150 μ m, in the pressure range of 100 ~ 150 MPa to 150 MPa ~ p_{dom} , the pressure exponent of burning rate decreases from 1.125 to 0.612, revealing that there is a mutation in the pressure exponent of burning rate and the propellant combustion is unstable.

Key words: nitramine gun propellants; hexogen(RDX); particle size; mechanical property; combustion performance CLC number: TJ55 Document code: A **DOI**: 10.11943/j.issn.1006-9941.2017.09.001

※读者・作者・编者 ※ *****

s.org.cr 《含能材料》"观点"征稿

为了丰富学术交流形式,及时传递含能材料领域同行们的学术观点和思想,《含能材料》开设了"观点"栏目。"观点" 栏目的来稿应观点鲜明、内容新颖、形式上短小精悍。欢迎含能材料各领域的专家积极来稿。来稿时请附个人简介及主要 www.energet 研究工作介绍。

《含能材料》编辑部