

硝胺含量变化对变燃速发射药燃烧产物组成的影响

王书记 贺增弟* 张楠

(中北大学环境与安全工程学院,太原 030051)

摘 要 采用最小自由能法计算出硝胺含量不同的发射药燃烧产物中可燃性气体成分的含量,从理论上计算了硝胺含量变化对发射药燃烧产物组成的影响;用密闭爆发器-气相色谱法分析燃烧产物成分,测定各气体产物含量。研究表明,随着配方中硝胺含量的增加,发射药的火药力增大,燃烧产物中 CO 含量降低,可燃性气体总量降低。

关键词 硝胺,发射药,燃气

Influence of nitramine content on composition of combustion product of variable-burning rate propellant

Wang Shuji He Zengdi Zhang Nan

(Department of Environment and Safety Engineering, North University of China, Taiyuan 030051)

Abstract The combustible gas concentration in combustion products of propellant with different nitramine content were calculated by using minimum free energy method. The impact of different nitramine content on combustion products of propellant were studied theoretically. The combustible gas composition of propellant concentration was analyzed by closed-bomb and gas chromatography. The results showed that with the increase of nitramine content in the formula, the propellant force of propellant increased, the content of CO in the combustion products decreased and the total amount of combustible gas was reduced.

Key words nitramine, gun propellant, combustion product

发射药燃烧产物中的可燃性气体是炮(枪)口焰形成的主要原因,可燃性气体含量越多,产生炮(枪)口焰的可能性就越大。所以降低发射药燃烧产物中的可燃气体(CO、H₂、CH₄)含量,有利于抑制发射药燃烧时烟、焰的形成,从而减少不良射击现象。硝胺变燃速发射药同时具备变燃速发射药低温度系数、燃烧渐增性以及硝胺炸药高能量的性质,综合性能良好,因而备受专家学者关注^[1-6]。

本研究以某口径迫击炮用硝胺变燃速发射药为研究对象,通过理论计算和密闭爆发器-气相色谱法静态测试,研究了硝胺含量变化对发射药燃气生成的影响,为该类发射药配方设计和优化提供基础。

1 理论计算

采用最小自由能法,计算以双基吸收药片为基体的含硝胺发射药的燃烧产物组成,考察硝胺含量变化对发射药燃烧产物中可燃性气体含量的影响。

通过向双基吸收药片中添加不同比例的硝基胍(NQ)及黑索金(RDX),硝胺含量由 0%~30%(wt,质量分数,下同)按照 10%递增,得到 4 组 12 种配方的发射药。计算结果包括发射药的火药力(f)、可燃性气体(CO、H₂ 和 CH₄)及其他产物的摩尔含量(w),由于 CH₄ 含量低,可忽略。计算条件为:温度 2800.0K,压力 250.0MPa(不考虑解离)。计算结果如表 1 所示。

表 1 的理论计算结果表明,随着发射药配方中硝胺含量的增加,发射药的火药力增加,可燃性气体含量降低。当 NQ、RDX 含量达到 30%时,该配方发射药火药力与空白吸收药片相比增加了 3.0%,燃烧产物中 CO 摩尔百分含量降低了 3.4%,可燃性气体总量降低了 1.5%。计算结果可以用氧平衡原理解释。当发射药中有效氧含量不足以彻底氧化所有可燃物,处于负氧平衡时,燃烧过程中氧分配的近似规律为:先将 C 氧化为 CO,剩余的氧均匀分配

基金项目:中北大学研究生科技基金资助课题(20171466)

作者简介:王书记(1992-),男,硕士研究生,主要研究方向为发射药燃烧性能。

联系人:贺增弟,教授。

表 1 硝胺含量不同发射药可燃性气体浓度计算值

$\omega(\text{NQ},$ 外层)/%	$\omega(\text{RDX},$ 内层)/%	$f/(\text{kJ} \cdot$ $\text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{CO})/$ %	$\omega(\text{H}_2)/$ %	$\omega(\text{可燃性}$ 气体)/%
0	0	1150.98	35.25	1.52	36.77
0	10	1161.90	35.11	1.60	36.71
	20	1171.90	34.98	1.68	36.66
	30	1181.10	34.85	1.75	36.60
10	10	1164.36	34.77	1.74	36.51
	20	1174.29	34.65	1.82	36.47
	30	1183.42	34.53	1.89	36.42
20	10	1165.97	34.50	1.87	36.37
	20	1175.86	34.38	1.95	36.33
	30	1184.97	34.27	2.03	36.30
30	10	1166.53	34.25	2.01	36.26
	20	1176.13	34.14	2.09	36.23
	30	1184.93	34.04	2.17	36.21

于 CO 和 H_2 之间,将其进一步氧化为 CO_2 和 H_2O 。实验表明,在发射药配方中加入 NQ、RDX 可以提高发射药的火药力,同时降低发射药燃气中可燃气体及有毒气体含量,减小发射时的不良射击现象。

2 结果与讨论

2.1 样品

实验中所采用的硝胺变燃速发射药成分主要包括硝化棉、硝化甘油、NQ、RDX 和二号中定剂。试样制备工序包括塑化、压伸、晾药、切药、筛选和烘干。得到的硝胺变燃速发射药单独使用,试验中药型为单孔管状。

2.2 仪器

100mL 密闭爆发器,自制;GC-9160 气相色谱仪,上海欧华分析仪器厂。

2.3 密闭爆发器-气相色谱法静态测试实验

密闭爆发器实验采用内触发式,实验条件为:发射药装填密度 $0.2\text{g}/\text{cm}^3$;DYY-1 压力传感器,量程 600MPa;密闭爆发器容积 106.000cm^3 ;点火压力 9.810MPa;点火药量 0.9853g。

气相色谱条件:色谱柱 TDX;炉温 90°C ;检测器 TCD;载气 He;进样量 $200\mu\text{L}$;柱压 0.1MPa。

各配方发射药称取 $21.2000(\pm 0.0005)\text{g}$,将试样在密闭爆发器中燃烧,产生的燃气利用密闭气体采样袋采集,在气相色谱仪中测试可燃性气体的摩尔分数。试验结果如表 2 所示。

由表 2 测量结果可以看出,当外层 NQ 含量一定时,随着内层 RDX 含量的增加,发射药的火药力增大,CO 含量降低, H_2 含量增加,可燃性气体总量降低。当 NQ 含量为 30%、RDX 含量为 30%时,测

表 2 硝胺含量不同发射药可燃性气体浓度的测量值

$\omega(\text{NQ},$ 外层)/%	$\omega(\text{RDX},$ 内层)/%	$f/(\text{kJ} \cdot$ $\text{kg}^{-1})$	$\omega(\text{CO})/$ %	$\omega(\text{H}_2)/$ %	$\omega(\text{可燃性}$ 气体)/%
0	0	1155.648	37.989	0.279	38.268
0	10	1164.272	36.321	0.276	36.597
	20	1180.978	36.255	0.279	36.534
	30	1186.996	36.093	0.285	36.378
10	10	1163.485	37.295	0.286	37.581
	20	1173.851	37.142	0.287	37.429
	30	1199.668	36.535	0.290	36.825
20	10	1155.029	36.800	0.284	37.084
	20	1176.971	36.618	0.290	36.908
	30	1242.058	36.219	0.305	36.524
30	10	1161.653	36.823	0.282	37.105
	20	1172.827	36.377	0.299	36.676
	30	1176.281	35.962	0.304	36.266

得 CO 含量达到最小值为 35.962%,与空白药片相比 CO 含量降低了 5.3%;可燃性气体总量同时达到最小值为 36.266%,与空白药片相比可燃性气体总量降低了 5.2%。当 NQ 含量为 20%、RDX 含量为 30%时,发射药的火药力达到测试最大值为 $1242.058\text{kJ}/\text{kg}$ 。实验测量结果与理论计算结果一致,规律相同。测量结果表明,在发射药配方中添加 NQ 和 RDX 可以提高发射药的火药力,同时改善发射药燃气生成情况,减小不良射击现象。

3 结论

随着配方中硝胺含量的增加,燃烧产物中 CO 含量降低,可燃性气体总量降低。当配方中 NQ 含量为 30%、RDX 含量为 30%时,与空白药片相比,CO 含量降低了 5.3%,可燃性气体总量降低了 5.2%。

随着配方中硝胺含量的增加,火药力增大。当配方中 NQ 含量为 20%、RDX 含量为 30%时,火药力的测量值为 $1242.058\text{kJ}/\text{kg}$,与空白药片相比,该配方发射药的火药力增加了 7.5%。

参考文献

- [1] 中国北方工业总公司.火炸药理论与实践[M].北京:中国北方工业总公司,2001.
- [2] 王琼林,刘少武,吴建军.钝感剂对发射药枪口烟雾特性影响的研究[J].火炸药学报,1998,21(3):17-19.
- [3] 王宏,孙美,冯伟,等.发射药枪口火焰检测技术研究[J].火炸药学报,2002(2):57-58.
- [4] 贺增弟,吕智星,袁治雷,等.硝酸铵对炮射导弹发射药燃气中 CO 浓度的影响[J].火炸药学报,2010(2):82-85.
- [5] 王琼林,刘少武,谭惠民,等.具有洁净燃烧特征的高分子钝感枪药[J].火炸药学报,2003(4):5-7.
- [6] 萧忠良.武器信息化条件下火炸药发展策略分析[J].火炸药学报,2007(1):1-3.

收稿日期:2018-05-09